



Facultad de Ingeniería

Ingeniería Mecánica

Programa Especial de Titulación:

**“Diseño de un Bastidor auxiliar en acero A36 para la instalación de una grúa articulada modelo PK32080 sobre camión Volvo VM 330 para mejorar los costos operativos en la empresa ZAPLER SAC”**

Mike Henry Guerrero Sermeño

Para optar el Título Profesional de

Ingeniero Mecánico

Asesor: Walter Yvan Zavaleta Neira

LIMA – PERÚ

2021

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios que me brinda salud en tiempos difíciles.

A mis padres por sus esfuerzos brindados cada día de sus vidas enfocados a mi cuidado y educación y por su gran confianza.

A mis hermanos por su apoyo incondicional y a mi pareja Perla Cajusol Reyes por enseñarme el hermoso valor de la sencillez. A todos ellos por apoyarme y acompañarme durante la etapa de mi vida en la universidad y durante este tiempo que duro la elaboración de mi trabajo.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradecer a Dios por brindarme Salud en momentos difíciles y poder realizar mis proyectos.

A la empresa Zapler por brindarme las facilidades en la ejecución de este proyecto para la mejora continua y al Ing. Walter Zavaleta que gracias a su asesoramiento y a su ánimo pude desarrollar este trabajo.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
ÍNDICE .....	iii
RESUMEN.....	x
INTRODUCCIÓN.....	xii
<b>CAPÍTULO 1: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>	
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema.....	5
1.2.1 Problema general.....	5
1.2.2 Problemas específicos .....	6
1.3 Objetivos.....	6
1.4. Justificación e importancia .....	7
1.5. Limitaciones del proyecto.....	8
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO</b>	
2.1. Antecedentes de la investigación .....	9
2.1.1. Antecedentes Nacionales .....	9
2.1.2. Antecedentes Internacionales .....	11
2.2. Bases Teóricas .....	12
2.2.1 Vehículos de transporte pesado.....	12
2.2.1.1 Camión rígido.....	13
2.2.1.2 Volvo VM 330.....	13
2.2.1.3 Grúas.....	14

2.2.1.4 Grúa Articulada .....	15
2.2.2 Palfinger .....	16
2.2.2.1 Palfinger modelo PK 32080.....	17
2.2.2.2 Integración entre camión y grúa .....	18
2.2.3 Momento de carga .....	20
2.2.4 Bastidor Auxiliar .....	21
2.2.4.1 Chasis.....	21
2.2.5 ASME .....	22
2.2.5.1 Norma AWS D1.1.....	23
2.2.5.2 ASME 30.22.....	23
2.2.5.3 UNE-EN 12999 .....	24
2.2.6 Esfuerzo cortante.....	24
2.2.7 Momento de Inercia .....	24
2.2.7.1 Momento de inercia de dos vigas unidas .....	25
2.2.8 Teorema de Steiner .....	26
2.2.9 Momento flector .....	26
2.2.10 Soldadura .....	27
2.2.11 Acero .....	27
2.2.11.1 Acero A36 .....	28
2.2.12 ASTM.....	28
2.2.13 Teoría de Von Mises .....	28
2.2.14 Carga distribuida.....	29
2.2.14.1 Eje neutro .....	29
2.2.14.2 Calculo de tensión en el chasis .....	30

2.2.14.3 Momento de flexión en viga simple .....	31
2.2.14.4 momento de flexión en la sección combinada .....	31
2.2.15 Costos operativos.....	32
2.2.15.1 Mano de obra... ..	33
2.2.15.2 Reprocesos... ..	33

### **CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO**

3.1. Variables.....	34
3.2. Metodología .....	34
3.2.1. Tipos de estudio.....	34
3.2.2. Diseño de investigación .....	35
3.2.3. Método de investigación .....	35

### **CAPÍTULO 4: METODOLOGIA PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMAS**

4.1. Análisis situacional.....	36
4.2. Alternativas de solución .....	41
4.3 Solución de problema .....	42
4.3.1 Cálculo de fuerza cortante .....	46
4.3.2 Calculo de momento flector.....	50
4.3.2.1 Calculo de momento máximo .....	54
4.3.3 Calculo de momento actuante en chasis y bastidor.....	55
4.3.4 Factor de excentricidad .....	55
4.3.5 Calculo del momento de inercia .....	57
4.3.6 Calculo de momento de inercia de la sección combinada .....	60
4.3.7 Módulo de resistencia de la sección combinada .....	60
4.3.8 Compresión .....	60

4.3.9 Tracción .....	61
4.3.10 Analizando características de material .....	62
4.3.11 Estabilidad de la grua.....	63
4.4 Factor de seguridad .....	65
4.4.1 Fijación del bastidor al chasis... ..	65
4.4.1.1 Pernos de fijación al chasis .....	67
4.4.2 Uniones por soldadura .....	69
4.5 Anchura de cordón de soldadura .....	69
4.6 Recursos humanos y equipamiento .....	71
4.7 Costo de la implementación .....	74
4.8 Análisis económico y financiero .....	75
4.8.1 Análisis económico con la mejora .....	75
4.8.2 Análisis económico en la situación inicial .....	76
 <b>CAPITULO 5: ANALISIS Y REPRESENTACION DE RESULTADOS</b>	
5.1 Análisis descriptivo de la información.....	80
5.1.1 Análisis descriptivo de la información relativa a las variables.....	80
5.1.2 Análisis teórico de los datos y resultados obtenidos.....	81
5.2 Beneficio del proyecto.....	83
CONCLUSIONES .....	84
RECOMENDACIONES .....	86
BIBLIOGRÁFICAS.....	87
ANEXOS.....	89

## INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Bastidor auxiliar para grúa articulada.....	5
Figura N° 2: Grúa Palfinger instalada sobre camión .....	5
Figura N° 3: Esquema de ubicación de bastidor auxiliar... ..	8
Figura N° 4: Camión rígido.....	13
Figura N° 5: Ficha técnica de camión volvo VM 330.....	14
Figura N° 6: Grúas articuladas importadas.....	15
Figura N° 7: Grúa articulada en operación .....	16
Figura N° 8: Palfinger en el mundo.....	17
Figura N° 9: Características de grúa PK 32080.....	18
Figura N° 10: Estudio de integración de camión y grúa .....	19
Figura N° 11: Grúa Palfinger realizando izaje... ..	19
Figura N° 12: Grúa Palfinger útil para todo tipo de maniobra... ..	20
Figura N° 13: Componentes de momento de carga.....	21
Figura N° 14: Chasis de camión o bastidor principal .....	22
Figura N° 15: Momento de inercia de sección rectangular.....	24
Figura N° 16: Componentes de momento de inercia.....	25
Figura N° 17: Momento de inercia respecto al eje Centroide.....	26
Figura N° 18: Momento flector de viga.....	26
Figura N° 19: Soldadura por electrodo .....	27
Figura N° 20: Carga distribuida .....	29
Figura N° 21: Distribución de fuerzas en viga a partir del eje neutro... ..	30
Figura N° 22: Momento de inercia respecto al eje neutro.....	31
Figura N° 23: Momento de inercia en perfil reforzado.....	32



Figura N° 24: Diagrama de procesos de montaje de Zapler.....	38
Figura N° 25: Diagrama de Pareto para identificar el problema.....	39
Figura N° 26: Diagrama ISHIKAWA para identificar la causa de los problemas .....	40
Figura N° 27: Datos técnicos de PK 32080.....	42
Figura N° 28: Fuerza vertical.....	43
Figura N° 29: Distribución de cargas... ..	44
Figura N° 30: Distribución y reemplazo de cargas.....	44
Figura N° 31: Momento y cargas puntuales sobre el perfil .....	45
Figura N° 32: Diagrama de fuerza cortante.....	50
Figura N° 33: Diagrama de momento flector.....	54
Figura N° 34: Diagrama de momento flector según Palfinger .....	54
Figura N° 35: Factor de excentricidad de grúa Palfinger .....	56
Figura N° 36: Dimensiones de perfil combinado.....	57
Figura N° 37: Estabilidad de la grúa.....	63
Figura N° 38: Esquema para cálculo de estabilidad .....	64
Figura N° 39: Características del material A36.....	65
Figura N° 40: Fijación del bastidor mediante chaquetas.....	66
Figura N° 41: Fijación de bastidor mediante placas .....	66
Figura N° 42: Maquina de soldar ESAB .....	70
Figura N° 43: Estructura Bastidor para instalación de grúa PK 32080 .....	70
Figura N° 44: Máquina de corte plasma ESAB.....	72
Figura N° 45: Maquina de soldar ESAB .....	73
Figura N° 46: Taladro magnético METALKRAFT .....	73
Figura N° 47: Compresora neumática CAMPBELL .....	73

## INDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Cantidad de grúas instaladas anuales .....	2
Tabla N° 02: Equipos instalados sin cálculo de Bastidor Auxiliar- Zapler Sac. ....	3
Tabla N° 03: Duración actual de la instalación de una grúa PK 32080 .....	3
Tabla N° 04: Costo actual de la elaboración del bastidor .....	4
Tabla N° 05: Matriz FODA de la empresa Zapler Sac.....	37
Tabla N° 06: Evaluación de alternativas de solución .....	42
Tabla N° 07: Deformación en torsión .....	62
Tabla N° 08: Dimensiones geométricas de tornillos resistentes .....	67
Tabla N° 09: Horas/hombre asignado para el diseño .....	71
Tabla N° 10: Materiales para diseño de Bastidor .....	71
Tabla N° 11: Costo actual de mano de obra en la instalación de la grúa .....	74
Tabla N° 12: Costo actual de mano de obra en la instalación de la grúa .....	74
Tabla N° 13: Costo de mano de obra en la instalación de la grúa con la mejora .....	75
Tabla N° 14: Costo de materiales con la mejora .....	76
Tabla N° 15: Costo operativo con la mejora .....	76
Tabla N° 16: Costo inicial de mano de obra en la instalación de la grúa.....	77
Tabla N° 17: Costo inicial de materiales para instalación de la grúa.....	77
Tabla N° 18: Costo operativo inicial, antes de la mejora.....	78
Tabla N° 19: Costo inicial de materiales para instalación de la grúa.....	78
Tabla N° 20: Análisis económico financiero .....	79

## **RESÚMEN**

El presente trabajo trata sobre el diseño de un bastidor auxiliar para el montaje de una grúa marca Palfinger modelo PK 32080 sobre un camión Volvo VM 330 que cumpla con los requisitos de la ingeniería y las normas aplicadas al equipo con el fin de mejorar los costos de su instalación.

En el capítulo 1 se presenta el problema motivo de la investigación, iniciando mediante el planteamiento del problema, que una vez evaluado permitirá llegar a la formulación del problema general y problemas específicos. Con ello se identificará los objetivos y se detallará las limitaciones.

En el capítulo 2 se muestra los antecedentes nacionales e internacionales que fueron pilares fundamentales para el desarrollo del presente informe de suficiencia profesional, conjuntamente con las bases teóricas expuestas en este capítulo sirven para interpretar los conceptos utilizados en el presente trabajo.

En el capítulo 3 se brinda información sobre el marco metodológico, mostrando las variables involucradas para luego indicar el tipo de estudio, diseño y el método aplicado en el presente trabajo.

En el capítulo 4 se desarrolla lo referente a la metodología de solución del problema, evaluando las fuerzas actuantes en la viga mediante un diagrama de cuerpo libre a fin de encontrar la fuerza cortante y el momento máximo en la viga producido por las cargas sometidas. Posterior a ello, con el momento máximo encontrado y de acuerdo a los requisitos de la Normas que aplican se realizan los cálculos correspondientes para verificar la resistencia del diseño frente a las cargas expuestas. Finalmente se muestra el factor de diseño.

En el capítulo 5 del presente trabajo se presenta los resultados obtenidos productos de los cálculos realizados y analizados en el diseño, que muestran la optimización de los costos operativos y el cumplimiento de la norma aplicada para diseño y montaje de grúas sobre camión UNE-EN 12999.

Finalmente se detalla las conclusiones basadas en los cálculos de la elaboración del nuevo diseño y recomendaciones que aseguran un correcto costo operativo en la elaboración e instalación del bastidor para el montaje de la grúa

## **INTRODUCCIÓN**

Como parte de la integración entre una grúa articulada con un camión, se requiere implementar un Bastidor auxiliar que sirva de refuerzo al chasis del camión Volvo VM 330 serie 6x4, con la finalidad de aumentar su resistencia frente a los distintos esfuerzos originados cuando el camión acoplado con la grúa realice distintos tipos de trabajos que involucren esfuerzos en la estructura del camión.

Se plantea un diseño de bastidor auxiliar o llamado también “sobre chasis” que garantice el óptimo comportamiento de la estructura frente a los esfuerzos sometidos y eliminando peligros por fractura, además, el diseño permitirá optimizar el tiempo de los montajes y los recursos utilizados en esta actividad, con ello una reducción en los costos de instalación de la grúa. Un diseño que cumpla con los requisitos básicos de las normas y estándares internacionales (UNE-EN 12999) aplicados al camión y la grúa articulada, así como también, de los procedimientos establecidos por la fábrica de grúas PALFINGER referentes al diseño y elaboración de los bastidores auxiliares que garanticen el correcto funcionamiento, para ello se detalla todas los esfuerzos y tensiones originadas en el equipo cuando es sometido a cargas pesadas, analizando cada componente del bastidor auxiliar a fin de generar todos los expedientes técnicos que permitan realizar un diseño óptimo de bastidor auxiliar para la grúa elegida.

El desarrollo del informe de suficiencia profesional está orientado a mejorar los costos operativos en el montaje de la grúa PK32080 mediante un diseño óptimo de bastidor

auxiliar para mejorar su fabricación como parte de una mejora continua en el proceso de montaje de la grúa articulada optimizando el tiempo de montaje, recursos materiales y recursos humanos aplicado al montaje de grúas articuladas de 8500 kg de capacidad de carga máxima sobre camión comercial, desarrollado por la empresa Zapler SAC.

## **CAPITULO 1**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACION**

#### **1.1 Planteamiento del Problema:**

Las grúas son consideradas a nivel internacional como uno de los equipos pesados más importantes no solo para la industria de la construcción, sino también para muchos otros sectores de la industria como transporte, proyectos, logística, minería, etc., por ello las naciones europeas implementaron normas para su diseño, mantenimiento e instalación de las grúas. con fábricas en Europa y ensambladoras en gran parte del mundo las grúas articuladas han logrado acercarse a cada rincón del mundo. Las marcas de grúas articuladas más importante son: PALFINGER, HIAB, FASSI, EFFER, SANY.

En el Perú, muchas empresas necesitan la presencia de una grúa articulada que cuente con las garantías para realizar los trabajos en los distintos sectores de la industria. Empresas como Cerro Verde, Chinalco, Southern Perú CC, Minera Buenaventura son algunos de los usuarios de las grúas que solicitan a sus proveedores cumplir con los requisitos de normas internacionales para garantizar los trabajos realizados en los equipos debido a la gran informalidad de empresas dedicadas a la instalación de grúas articuladas sobre los camiones.

La empresa Zapler SAC ubicada en la ciudad de Lima, desarrolla actividades de venta, Montaje y mantenimiento de grúas articuladas de la marca Palfinger, estas grúas son instaladas sobre camión tipo comercial. El área de Integración Vehicular es el área

encargada para realizar los trabajos de montaje de las grúas sobre los camiones, y como parte de esta actividad y por requisitos de normas Internacionales se requiere una estructura llamada “bastidor auxiliar” determinada y justificada mediante cálculo de resistencia, que refuerce el chasis del camión y a la vez permita una distribución uniforme de carga en los largueros del camión. Actualmente la empresa Zapler no usa en sus montajes de grúas un Bastidor Auxiliar diseñado y elaborado mediante planos que permitan eliminar los reprocesos que se generan por fallas en el diseño del bastidor, optimizar el tiempo y los insumos en su elaboración, además, que garanticen una resistencia adecuada incumpliendo los requisitos de Montaje de la norma UNE-EN 12999 Grúas Cargadoras, exponiendo de esta manera a sobrecargas y fracturas no solo al bastidor diseñado, sino también a la estructura del camión portante.

Los reprocesos se vienen generando por la ausencia de documentación que permita facilitar la elaboración del bastidor para el modelo de grúa y camión elegido. A continuación, la Tabla N° 1 muestra la cantidad de grúas que presentaron reprocesos, por errores en la elaboración de la estructura bastidor utilizados en el montaje.

Tabla N° 1: Cantidad de grúas instaladas anuales

<b>Año</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Cant. Total grúas instaladas	12	10	7	9	11
Cant. Grúas con reproceso	7	8	5	7	7
	<b>58,3%</b>	<b>80,0%</b>	<b>71,4%</b>	<b>77,8%</b>	<b>63,6%</b>

Fuente: Elaboración propia

Por ello se requiere un diseño de bastidor auxiliar que mejore los costos operativos, sin dejar de lado su resistencia y a la vez fortalecer al chasis del camión a soportar los distintos esfuerzos que se generan cuando el camión grúa realice maniobras de izaje de acuerdo a su capacidad. Esto permitirá una reducción en el tiempo de instalación de una grúa y a la



vez garantizar la resistencia de la estructura utilizada en dicho montaje. A continuación, en la Tabla N° 02 se muestra un cuadro registro de las grúas PK 32080 cuya capacidad de elevación es de 8500 kg, instaladas y entregadas a los clientes sin un diseño de Bastidor auxiliar que garantice la resistencia del chasis del camión cuando sea sometido a cargas.

Tabla N° 02: Equipos instalados sin cálculo de Bastidor Auxiliar- Zapler Sac.

<b>FECHA DE INSTALACIÓN</b>	<b>CLIENTE</b>	<b>MODELO</b>	<b>SERIE</b>	<b>ANALISIS ESTRUCTURAL DEL BASTIDOR AUXILIAR</b>
20/06/2020	STATKRAF	PK 32080-D	1002054	<b>NO SE REALIZÓ</b>
15/07/2020	V y T	PK 32080-E	1002065	<b>NO SE REALIZÓ</b>
07/02/2020	LOS ANDES	PK 32080-E	1002076	<b>NO SE REALIZÓ</b>
24/09/2020	PROMINSAC	PK 32080-D	1002087	<b>NO SE REALIZÓ</b>
16/08/2020	EMSUNIR	PK 32080-D	1002094	<b>NO SE REALIZÓ</b>

Fuente: Elaboración propia

Los datos en la tabla anterior muestran los montajes realizados de grúas modelo PK 32080 cuyo bastidor auxiliar utilizado no presentó un cálculo de resistencia o cálculo de diseño que no sólo garantice la resistencia de la estructura, si no también optimice el costo para el diseño mediante la cantidad de material necesaria y el tiempo para su elaboración. En la siguiente tabla N° 03 se muestra las etapas de la instalación de la grúa articulada y el tiempo promedio de su ejecución.

Tabla N° 03: Duración actual de la instalación de una grúa PK 32080

<b>Actividades de montaje</b>	<b>Duración</b>
Elaboración de Bastidor	3 días
Montaje de grúa y accesorios	2 días
Instalaciones hidráulicas y eléctricas	2 días
Control de calidad y levantamiento de observaciones	2 días
<b>TOTAL</b>	<b>9 días</b>

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al costo en la elaboración del bastidor utilizado, la tabla N° 4 detallada líneas abajo, muestra el valor del costo actual cuyo monto influye en el costo operativo de la instalación de una grúa

Tabla N° 4: Costo actual de la elaboración del bastidor

DESCRIPCION DE INVERSIÓN	COSTO S/
Costo de mano de obra	1,110.00
Costo por materiales utilizados	4,945.00
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 6,055.00</b>

Fuente: Elaboración propia

En la actualidad los requisitos de seguridad van tomando mayor fuerza y con ello el cumplimiento de requisitos exigidos por normas nacionales e internacionales, por ello, los proyectos donde finalmente trabajaran los camiones-grúas solicitan que el instalador de la grúa presente el cálculo estructural justificando la implementación sobre el equipo.

El instalador de la grúa cargadora debe atenerse a todos los requisitos editados por el fabricante de la grúa, el fabricante del vehículo, reglamentos locales que pueden aplicarse.

“El bastidor de montaje debe estar construido y asegurado al chasis del vehículo de manera que pueda soportar las cargas impuestas y cumplir los requisitos de resistencia” (UNE-EN 12999:2011, 5.10.2.1 Montaje sobre vehículo).

La Figura 01 muestra el bastidor auxiliar utilizado en el montaje, mientras que la Figura 02 indica el montaje concluido de la grúa sobre el camión.



Figura N° 01: Bastidor auxiliar para grúa articulada PK 32080



Figura N° 02: Grúa Palfinger instalada sobre camión.

## 1.2 Formulación del problema

### 1.2.1 problema general

- ¿De qué manera se puede mejorar los costos operativos en la instalación de una grúa articulada modelo PK32080 en un bastidor auxiliar sobre camión Volvo VM 330 en la Empresa Zapler SAC?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿De qué manera se puede reducir los tiempos de elaboración e instalación de una grúa articulada modelo PK32080 en un bastidor auxiliar sobre camión Volvo VM 330 en la Empresa Zapler SAC?
- ¿De qué manera se puede reducir los costos en la elaboración e instalación de una grúa articulada modelo PK32080 en un bastidor auxiliar sobre camión Volvo VM 330 en la Empresa Zapler SAC?
- ¿De qué manera se puede reducir los reprocesos en la elaboración e instalación de una grúa articulada modelo PK32080 en un bastidor auxiliar sobre camión Volvo VM 330 en la Empresa Zapler SAC?

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

- Diseñar un bastidor auxiliar en acero A36 para la instalación de una grúa articulada modelo PK32080 sobre camión Volvo VM 330 para mejorar los costos operativos en la empresa ZAPLER SAC.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Diseñar un bastidor auxiliar en acero A36 para reducir los tiempos de elaboración e instalación de una grúa articulada modelo PK32080 en un bastidor auxiliar sobre camión Volvo VM 330 en la Empresa Zapler SAC.
- Diseñar un bastidor auxiliar en acero A36 para reducir los costos de elaboración e instalación de una grúa articulada modelo PK32080 en un bastidor auxiliar sobre camión Volvo VM 330 en la Empresa Zapler SAC.
- Diseñar un bastidor auxiliar en acero A36 para reducir los reprocesos en la elaboración e instalación de una grúa articulada modelo PK32080 en un bastidor auxiliar sobre camión Volvo VM 330 en la Empresa Zapler SAC.

#### **1.4 Justificación e importancia.**

La justificación del presente proyecto parte de la necesidad de mejorar los costos operativos en el montaje de grúas, reduciendo la cantidad de reprocesos, optimizando tiempos en montaje y recursos en la elaboración de la estructura bastidor auxiliar que se utiliza en la instalación de una grúa articulada modelo PK 32080 sobre un camión comercial marca Volvo VM 330 (requisito según norma UNE EN-12999), reprocesos generados por la ausencia de un diseño establecido de bastidor que ayuden en su elaboración y optimicen el tiempo en el montaje de la grúa sobre el camión, además, que garantice la resistencia estructural del chasis del camión cuando ésta sea sometida a los distintos esfuerzos cuando la grúa realice trabajos de carga. El utilizar un bastidor auxiliar en el montaje de una grúa cuyo factor de diseño no sea definido expone a un riesgo por fractura del chasis del camión y de toda la instalación, por ello actualmente ya son varias las empresas que van exigiendo el cumplimiento de la norma Internacional aplicada para la instalación de grúas.

El izaje de cargas actualmente ya es considerado una actividad de alto riesgo por ello es necesario el uso de equipos en buen estado y estructuras en muchos casos certificados. Por ello se requiere implementar un diseño rígido que cumpla con los lineamientos y exigencias de la norma internacional UNE-EN 12999 que aplica al montaje de grúas articuladas, que no presente riesgo de fractura en el chasis del vehículo y con ello el tener que asumir los costos por la garantía de la instalación. Otro factor importante en el diseño del bastidor es su peso, pues esto es considerado en el cálculo de la integración de la grúa con el camión y un diseño mal establecido de bastidor auxiliar o sobredimensionado tiene un peso alto, como resultado afectará y disminuirá la capacidad de carga neta del camión que viene a ser una característica o factor muy importante para los clientes a la hora de elegir un camión. Mediante el diseño establecido se garantizará la instalación de la grúa articulada sobre el camión cuando la grúa realice los trabajos de carga. Así, se pretende establecer una guía de procedimientos para los futuros trabajos de investigación que tengan como finalidad la implementación de un control para estos tipos de actividades.

En la figura 03 presentada a continuación, se puede observar la ubicación del bastidor auxiliar, en ella se observa que va instalado sobre el chasis o bastidor principal del vehículo camión comercial, reforzando de esta manera frente a cualquier esfuerzo expuesto.

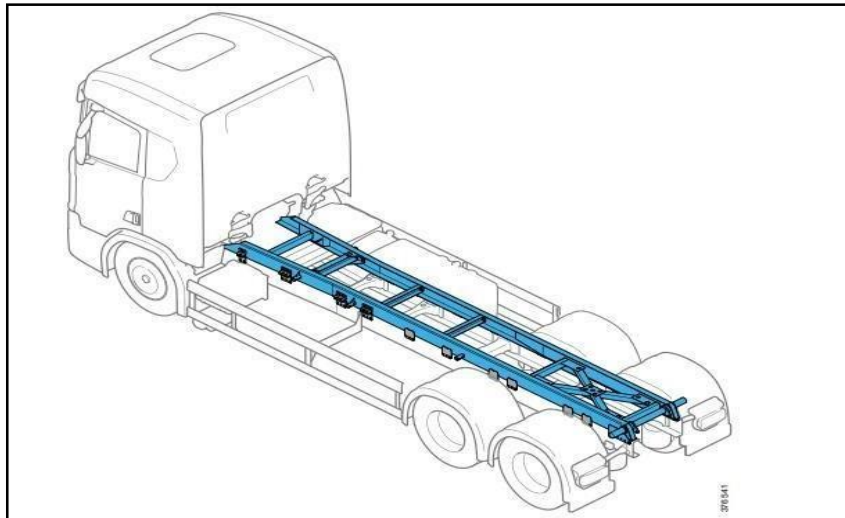


Figura N° 03: Esquema de la ubicación Bastidor auxiliar

### 1.5 Limitación del proyecto.

La propuesta se limitará a:

- El diseño propuesto solo es para una grúa articulada sobre camión, grúa marca Palfinger modelo PK 32080 dentro de la empresa Zapler Sac.
- El diseño elaborado aplica únicamente para instalaciones sobre camión rígido comercial Volvo VM 330 (24 Toneladas).
- Como limitaciones para el desarrollo de este trabajo, el tiempo fue un factor que influyó principalmente en su desarrollo debido al lapso tan corto que se tuvo para su ejecución, pues únicamente se disponía de las horas restantes del día posteriores a las labores diarias.

## **CAPITULO 2**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1 Antecedentes de la investigación**

Como antecedentes de investigación se mencionan las siguientes tesis cuyo aporte fue de gran importancia en la elaboración del presente trabajo.

##### **2.1.1 Antecedentes Nacionales**

Frank Jhonatan Díaz Linares (2017). “Diseño de tolva ligera para camiones 785 B/C y su impacto en la productividad en una empresa minera”. Título de Ingeniero Industrial. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo - Perú.

Frank Díaz menciona que el no tener un diseño óptimo de una tolva que fue modificada expone a la empresa a gastos económicos por mayores mantenimientos, inspecciones e influencia de su peso y mayores recursos utilizados. En este trabajo se toma de referencia que una estructura de un equipo mal elaborada implica gastos económicos por mayor uso de recursos, por ello se realizó un diseño de bastidor que disminuya los gastos generados en su elaboración y mediante su dimensionamiento optimo pudo incrementarse la capacidad de carga del camión y eliminar los gastos económicos generados por mantenimientos e inspecciones en la estructura.

Víctor Johnceff Vargas Chávez (2018). “Diseño de un semirremolque furgón de transporte de bebidas para alcanzar una carga útil mayor a 30tn AJE – Lima”. Título de Ingeniero Mecánico. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo - Perú.

Víctor Vargas indica que la limitada capacidad de carga en los vehículos de la empresa AJE producto de una mala selección de material en su diseño impedían a la empresa a obtener mayores beneficios económicos, diseño que fue realizado con un material muy pesado quitándole capacidad de carga útil (de acuerdo al reglamento del MTC). Por ello se realizó el nuevo diseño del semirremolque, con la selección adecuada de material más ligero y realizando un análisis estructural se terminó por definir la estructura del semirremolque a usar obteniendo una mayor carga útil en beneficio de la empresa. Esto se toma de referencia para darle importancia a los cálculos estructurales en el diseño del bastidor a fin de encontrar la resistencia del diseño que cumpla con las normas internacionales. Concluyendo que la selección correcta de material y el dimensionamiento correcto de la estructura implementada en un camión benefician a su capacidad de carga útil.

Estrada Salvador Ramírez, José Luis (2018). “Análisis y diseño estructural de una nave industrial con puente grúa en el distrito de talara, provincia de Piura”. Título de Ingeniero Civil. Universidad Ricardo Palma. Lima - Perú.

Estrada en su trabajo realiza un estudio sobre las características de las vigas a utilizar en el diseño, características geométricas y mecánicas que brindaran información necesaria para poder implementar estructuras que al ser sometidas a cargas garanticen su resistencia de acuerdo a los requisitos expuestos. Teniendo como antecedente este análisis, en este trabajo se realizar un estudio sobre las dimensiones y características mecánicas de las vigas a utilizar, así como de la soldadura. Es por ello la importancia de realizar una correcta selección de material, ya que el dimensionamiento del material tiene influencia directa sobre sus características mecánicas y esto sin duda influye en el diseño



que se viene realizando, Alexander resalta la importancia de definir claramente las características geométricas y mecánicas y evaluarlas antes de implementar un diseño.

### **2.1.2 Antecedentes Internacionales**

Alexander Giovanni Paucar Gualotuña (2017). “Diseño y fabricación de un nuevo perfil metálico que se utilizará como bastidor auxiliar para camiones Hino hasta 6 toneladas de peso utilizando el método de elementos finitos MEF”. Título de Ingeniero Mecánico. Universidad Internacional SEK. Quito - Ecuador

Alexander Paucar en su tesis realizada a falta de un diseño establecido de refuerzo de chasis de camión para la instalación de furgones de hasta 6 toneladas demostró mediante un cálculo matemático un diseño óptimo de bastidor auxiliar que garantice la resistencia del chasis de los camiones frente a los esfuerzos, para ello realizó una distribución de cargas en la estructura a fin de encontrar los máximos puntos de concentración de corte y tensiones, con ello pudo realizar un diseño de perfil que le sirvió a la empresa a cumplir con un plan estratégico de ensamble y entrega de 3000 unidades para sus clientes, por ello se toma de referencia la importancia de una correcta distribución de cargas sobre un bastidor de camión a fin de realizar un diseño óptimo que cumpla con los requisitos de las normas correspondientes.

Vázquez Montalbetti, Francisco José (2017). Semirremolque grúa. Título de Ingeniero Mecánico. Universidad Tecnológica Nacional. Buenos Aires - Argentina.

Francisco Vázquez en su tesis presenta un diseño de grúa articulada en el cual muestra todos los esfuerzos generados por dicha grúa que sirven de guía para realizar análisis de otras estructuras como bases de soporte o bastidores sobre camión cuya resistencia depende de los esfuerzos que generan las grúas de acuerdo a sus capacidades de carga. Francisco Vázquez realiza un análisis de distribución de cargas y la importancia de como implica dichas fuerzas sobre el chasis donde se instala la grúa articulada.

Alexander Raúl Andrés Chalias Velásquez (2019). "Propuesta de diseño de una plataforma- carrocería para un vehículo de transporte de carga pesada". Título de Ingeniero Mantenimiento Automotriz. Universidad Técnica del Norte. Ibarra - Ecuador

Alexander justifica su propuesta debido a la escasa tecnología en el lugar y la ausencia de información técnica para establecer procedimientos de carrocerías de vehículos pesados, se realizaron fabricaciones en forma empírica y artesanal, convirtiéndose así en un peligro inminente para los conductores y también para los usuarios de las vías públicas. Por ello, Alexander Chalias propuso la implementación de un diseño que cumpla con las exigencias mínimas de seguridad e ingeniería, mediante el teorema de Steiner pudo determinar el momento de inercia de la viga utilizada, por ello, Chalias define al teorema como uno de los más influyentes en su propuesta. Basándose en esto, se analiza y se utiliza como referencia este procedimiento para poder realizar los cálculos correspondientes.

## **2.2 Bases teóricas**

Se detalla el concepto de términos definidos por los diversos autores en esta investigación.

### **2.2.1 Vehículos de transporte pesado**

Estos vehículos están diseñados para el transporte de carga, tienen motores que presentan alta potencia y torque.

Existe una gran variedad de vehículos, dependiendo del número de ejes y las dimensiones del bastidor, estos valores son importantes ya que se designa un código para cada tipo de chasis. Los vehículos que transporten mercancías peligrosas, por la red vial del país, deberán asegurar la carga con elementos de sujeción, además deben plasmar en el contenedor rótulos de advertencia que identifique la sustancia química transportada.

### **2.2.1.1 Camión rígido**

Estos vehículos designados generalmente para circular en la ciudad por su diseño y dimensiones más reducidas. Su estructura es formada por una sola pieza, la cabina del conductor y el remolque o chasis son parte indivisible formando una sola estructura. Debido a su dimensión corta, generalmente se emplean en transporte urbano y transporte de paquetería.



Figura N° 04: Camión rígido

### **2.2.1.2 Volvo VM 330**

El Volvo VM 330 es un camión semipesado cuyas características como comodidad, seguridad y eficiencia lo hacen diferentes en su categoría.

Este modelo utiliza un motor de 330 CV presenta una gran variedad de configuraciones para ejes de tracción posibles. Este modelo presentado, Volvo VM 330, se adapta con facilidad a las distintas circunstancias tanto para ruta como para fuera de ruta. Un camión amplio y muy ligero, le permitirá maximizar la carga que desea transportar.

En la siguiente imagen se muestra la ficha técnica del camión VOLVO VM330 6x4 donde se instala la grúa Palfinger PK 32080.

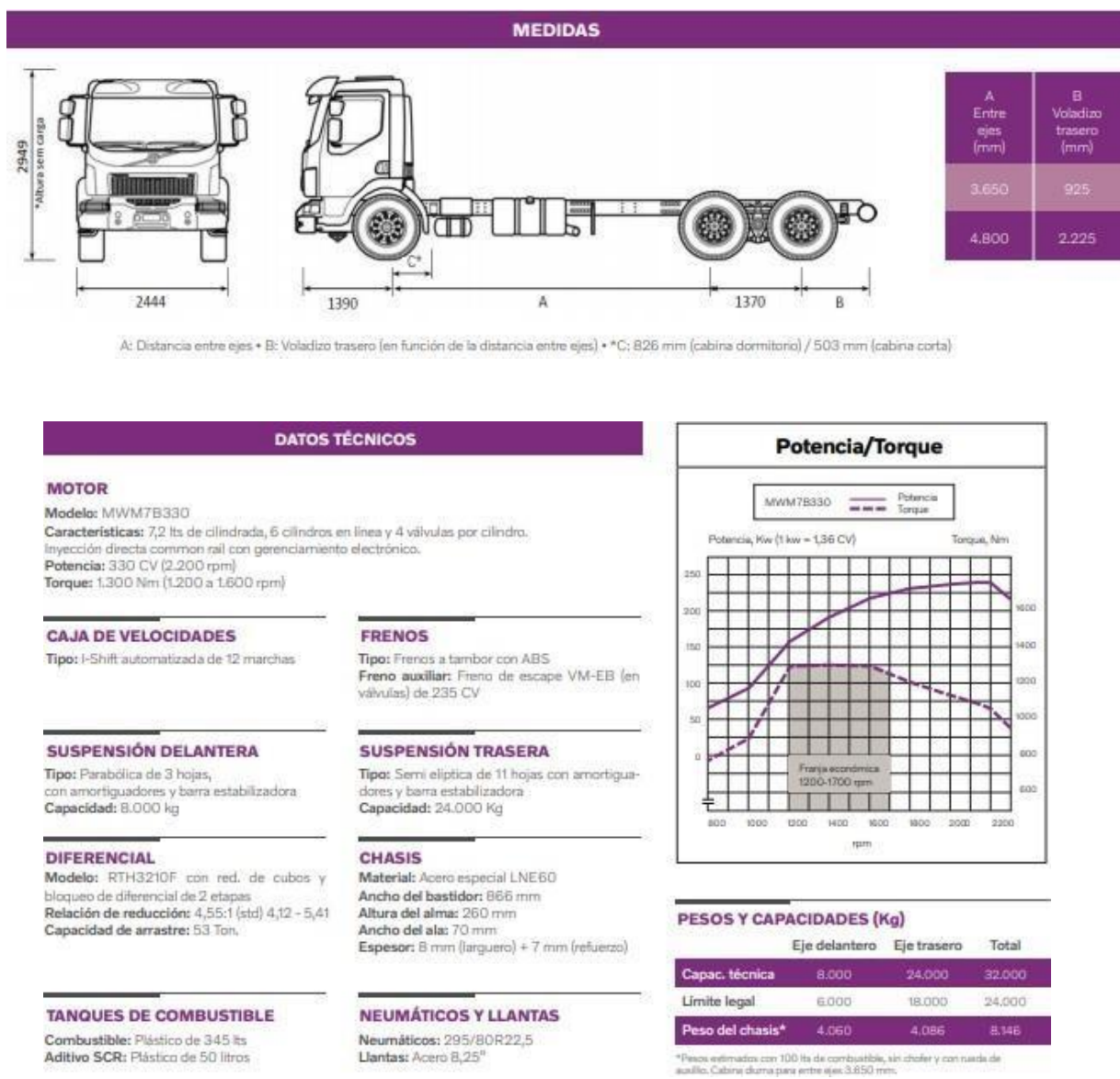


Figura Nº 05: Ficha técnica de camión Volvo VM 330

### 2.2.1.3 Grúas

Una grúa es una máquina diseñada para la elevación o izaje de cargas suspendidas, facilitándose de un gancho. La grúa es de las máquinas pioneras que existieron en el mundo para facilitar la carga de elementos. Por criterios de ingeniería son máquinas que cuentan con contrapesos, mecanismos simples, etc. para crear ventaja mecánica a fin de mover las cargas.

Siendo Grecia uno de los lugares donde inicialmente se desarrolló esta máquina accionadas por hombres o animales cuyo propósito era la construcción de altos edificios.

Posteriormente se implementaban poleas para ayudar a levantar cargas más pesadas. Tuvieron gran utilidad en la edad media para los puertos y astilleros en la estiba y construcción de los barcos. De acuerdo a su utilidad algunas grúas fueron instaladas fijadas sobre piedras para otorgar mayor estabilidad. Inicialmente elaboradas en madera fueron variando de material hasta la revolución industrial donde se utilizó el metal.

#### **2.2.1.4 Grúa articulada**

Una grúa hidráulica Articulada (Norma de diseño europea UNE-EN 12999) es un modelo de grúa que posee una columna en el cual gira entorno a una base, y un mecanismo llamado brazo de grúa que va fijada a la parte alta de la columna. Estos modelos de grúa comúnmente van instalados sobre camiones comerciales con una determinada capacidad de carga. Las grúas articuladas están elaboradas y diseñadas para subir y bajar cargas sobre el vehículo, así como para realizar actividades propias a su modelo y especificado en el documento el Manual del fabricante.

La figura 06 muestra una serie de grúas PALFINGER en su posición plegada, es decir, en la posición de descanso del equipo.



Figura N° 06: Grúas articuladas importadas

La imagen mostrada a continuación, muestra una grúa articulada instalada en la parte delantera del camión, desplegada realizando un trabajo de izaje que es la principal actividad de la máquina.



Figura N° 07: Grúa articulada en operación

### 2.2.2 Palfinger

Palfinger es una empresa austriaca especializada en la producción de maquinaria de elevación de cargas, como grúas hidráulicas para camiones y plataformas aéreas.

El principal producto de la empresa es la grúa articulada que es diseñada con el propósito de elevar y bajar cargas hacia el camión o realizar otras maniobras de izaje de acuerdo a su capacidad. Actualmente Palfinger ha logrado ubicarse como la marca más reconocida mundialmente ofreciendo garantía sobre sus equipos y más rentable en la industria de equipos.

La figura 08 muestra la presencia de la marca PALFINGER en el mundo, con punto amarillo se identifica a los 160 representantes sedes de venta y post venta de productos y servicios, con punto rojo se identifica a las 7 subsidiarias de ventas en el mundo.

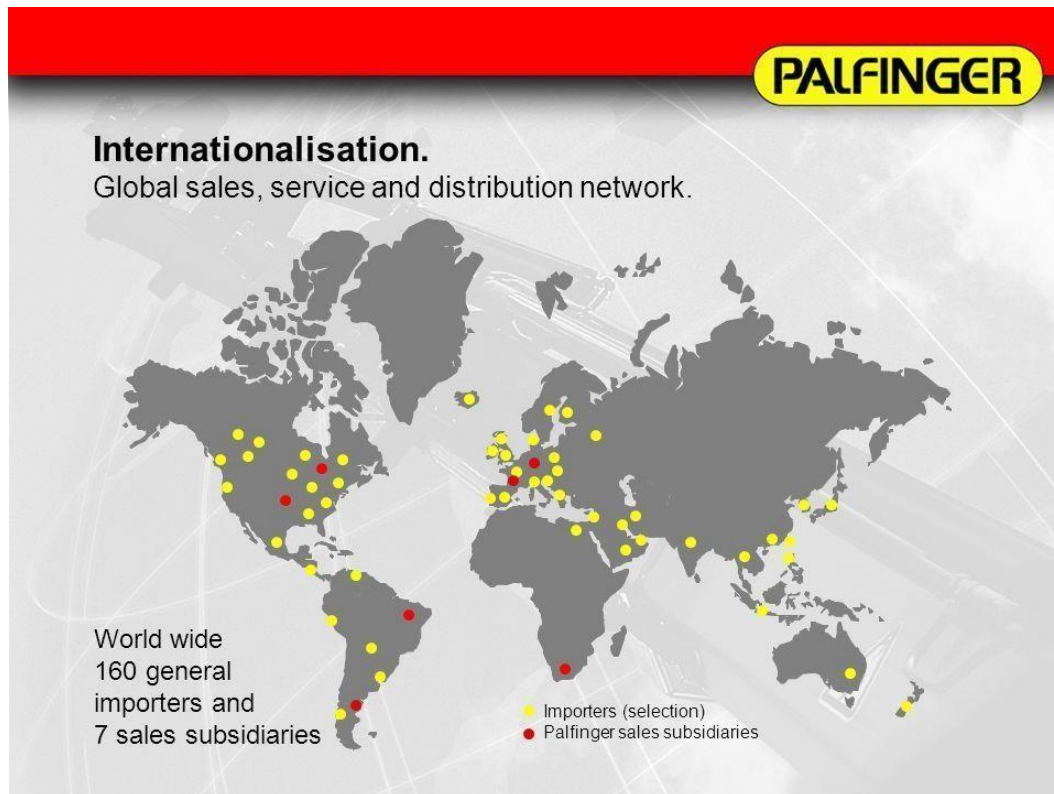


Figura N° 08: Palfinger en el mundo

#### 2.2.2.1 Palfinger modelo PK 32080

Palfinger presente diversos modelos de grúas articuladas cuyas capacidades de carga varía desde los 990 kg en grúas pequeñas, hasta los 40000 kg. Para el modelo de grúa elegido la capacidad máxima de carga es de 8500 kg.

La grúa modelo PK 32080 presenta la característica principal de poseer un gran alcance, pudiendo ser presentado con hasta cinco lanzas hidráulicas y tres manuales. Su diseño proporciona gran desempeño con un costo óptimo, esto permite garantizar la seguridad, operatividad y velocidad en todas las funciones.

En siguiente imagen Figura N° 09 se detalla las características propias de la grúa modelo PK 32080 Palfinger, cuyos valores serán de utilidad cuando se realiza los cálculos correspondientes en el diseño de su bastidor auxiliar.



Momento de elevación máximo	30.4 tm
Capacidad máxima	8500 kg
Alcance máximo manual horizontal	20.7 m
Alcance hidráulico horizontal	14 m
Alcance máximo manual vertical	24.4 m
Alcance hidráulico vertical	18 m
Peso propio (std.)	3130 kg
Espacio para montaje (std.)	0.98 m
Apertura de sapatas	6 m
Ángulo de giro	400°
Torque de giro	3.8 tm
Presión de trabajo	300 bar
Caudal recomendado de la bomba	55 - 80 l/min

Figura N° 09: Características de grúa PK 32080

### 2.2.2.2 Integración entre grúa y camión

Las exigencias de seguridad y gubernamentales son cada vez mayores en cuanto a la distribución de cargas sobre los ejes de los vehículos. Una instalación PALFINGER tiene como principal requisito garantizar la seguridad del usuario de la grúa y así evitar que una grúa sufra algún accidente por carecer de estabilidad.

Por ello Palfinger ofrece un estudio de integración que permita garantizar la distribución de cargas seguras en los ejes del vehículo de acuerdo a su capacidad. Con el presente estudio se informará al usuario lo siguiente:

- Análisis de la distribución de peso, capacidad de carga útil y estabilidad y presentados en conjuntos de dibujos fáciles de entender
- Dimensionamiento y ubicación de la grúa y carrocería de acuerdo a su modelo
- Inclusión de la carrocería solicitada capacidad de carga.



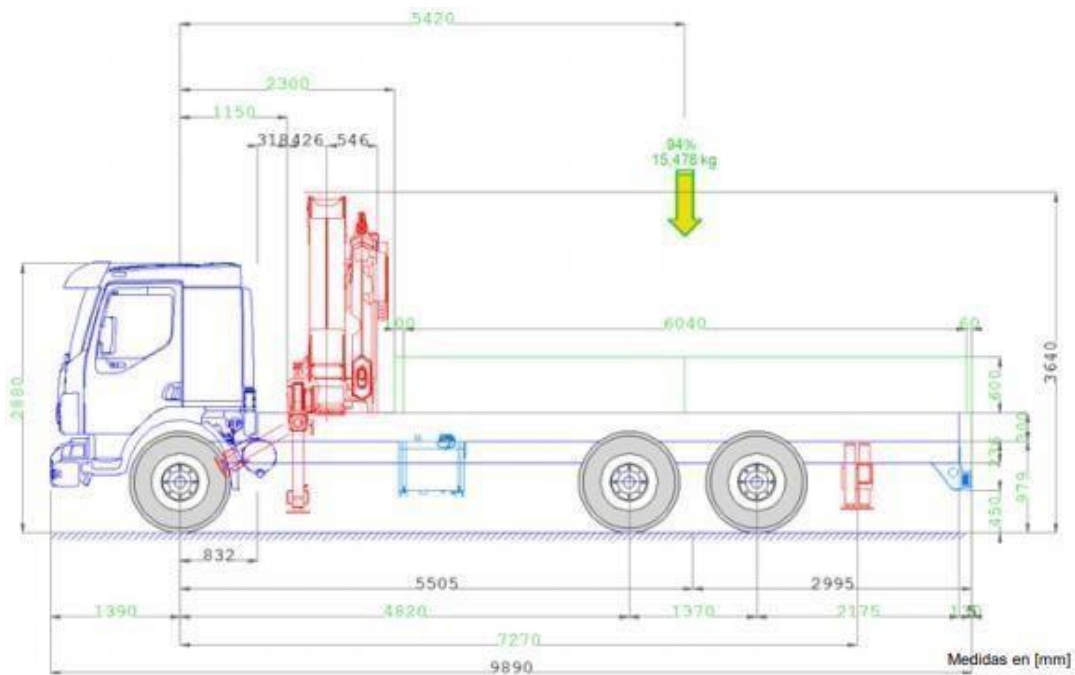


Figura N° 10: Estudio de Integración de camión y grúa

Las grúas articuladas realizan todo tipo de actividad relacionada con el izaje ya sea sobre su vehículo portador u otro tipo de izaje. En la figura 11 y 12 muestran a la grúa desempeñando algunas de sus actividades.



Figura N° 11: Grúa Palfinger realizando izaje



Figura N° 12: Grúa Palfinger útil para todo tipo de maniobra.

### 2.2.3 Momento de carga

Los elementos o accesorios que indican la carga segura para grúas existen desde hace muchas décadas atrás. En estos últimos 20 años los accesorios capaces de medir los momentos de carga se han vuelto muy útiles en las grúas en todos los países. A pesar de su uso en el mundo hay una gran cantidad de controversia sobre el concepto correcto de momento de carga y la importancia del monitoreo de la capacidad de levantamiento de carga en las grúas. La definición de “momento de una fuerza” es un término de ingeniería que hace mención al producto de una fuerza (el peso es una fuerza) por una determinada distancia (el brazo del momento). El brazo de momento se define como la distancia entre la vertical del vector de fuerza y un punto de referencia, como se muestra a continuación en la Figura N° 13 donde Load es la carga, R representa el radio o distancia y Point representa el punto de referencia.

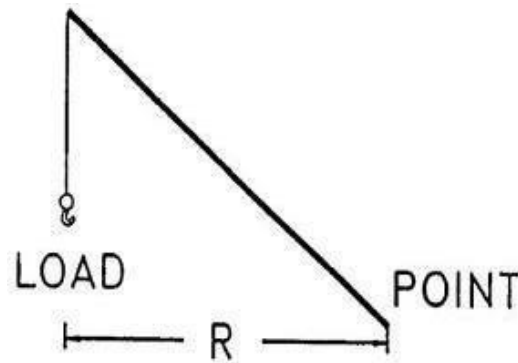


Figura N° 13: Componentes de momento de carga

Para nuestro caso en grúas articuladas la fuerza actúa siempre en forma vertical pasando por el centro de gravedad de la carga a izar y la distancia para el momento es la distancia horizontal generada desde este centro de gravedad de la carga hasta el centro de giro o columna de la grúa.

#### **2.2.4 Bastidor auxiliar**

Es una estructura diseñada principalmente en perfiles de acero, ubicada entre el chasis o bastidor principal del camión y la carrocería instalada, diseñado a fin de garantizar la correcta distribución uniforme de carga a lo largo del chasis del vehículo y garantizar una correcta unión entre soporte y carrocería. Otra ventaja de su uso en los camiones comerciales es que se obtiene una mejor transmisión de carga sobre la estructura del vehículo (Galbarro, 2010).

##### **2.2.4.1 Chasis (bastidor principal)**

Se llama chasis o bastidor principal en los vehículos a la estructura compacta cuya función principal es soportar los accesorios como carrocería y otros elementos como lo son los accesorios mecánicos que componen al vehículo (motor, elementos del sistema de transmisión, suspensión, etc.).

El chasis de los vehículos, además de soportar el peso de los componentes y partes mecánicos que componen a un vehículo, también deberá soportar las sobrecargas de uso

que incluyen, la carga total estipulada de transporte y de los ocupantes del vehículo, las cargas físicas como las dinámicas y producidos por la inercia originadas por el funcionamiento de los elementos mecánicos y por el movimiento del mismo vehículo. La imagen mostrada a continuación muestra a detalle la forma y la ubicación del chasis de los vehículos o camiones comerciales.



Figura N° 14: Chasis de camión o Bastidor principal

### 2.2.5 ASME

Sigla de la American Society for Testing and Materials, fundada en 1898. Es el mayor organismo científico y técnico para el establecimiento y la difusión de normas relacionadas a las características y prestaciones de materiales, productos, sistemas y servicios.

Los estándares A.S.T.M. cubren una amplia gama de cuestiones: desde la metalurgia al papel, desde los materiales de construcción a los lubricantes y productos petrolíferos en general. En forma particular, la A.S.T.M. ha contribuido, junto con la S.A.E. y el A.P.I. a la realización de la excelente clasificación de los aceites para motores, referenciándose en las prestaciones y los servicios a los que se destinan; la asociación ha establecido métodos de ensayo y sus límites de aceptación. La dirección de la sociedad en EE.UU. es: 1916 Race St., Philadelphia, Pa. 19013.

La colección de normas ASTM Standards están integrada por una cantidad mayor a las 12 000 publicaciones, que incluyen todas las normas vigentes y actualizadas desde su elaboración y estas pueden ser presentadas y observados en formato PDF.

#### **2.2.5.1 Norma AWS D1.1 (American Welding Society)**

La Sociedad Americana de soldadura ofrece más de 170 normas o códigos de soldadura que se utilizan en todos los países aplicados a la industria metalmecánica, que hacen uso de este tipo de materiales y soldadura estructural. Es objetivo de la Norma de la AWS D1.1 la búsqueda de asegurar la calidad de las uniones mediante soldadura con criterios de aceptación y/o rechazo, su utilización es de carácter obligatorio y son elaboradas por juntas de profesionales y especialistas en la soldadura y expertos voluntarios bajo la autoridad del American National Standards Institute (ANSI).

El contenido de esta norma indica los requisitos para la fabricación y armado de estructura soldadas en acero al carbono, contiene los criterios para la aceptación y/o rechazo para las uniones soldadas, además contiene los criterios para la evaluación y responsabilidades de los inspectores de soldadura y los procedimientos estandarizados para realizar la inspección visual y ensayos no destructivos (NDT).

#### **2.2.5.2 ASME 30.22 (American Society of Mechanical Engineers)**

La sociedad americana de ingenieros mecánicos definió esta norma para especificar los requisitos de inspección evaluación y control de una grúa articulada. Muestra los tipos de inspección y los periodos para su ejecución mencionando cada parte de la grúa y brinda información para realizar su programación de mantenimientos a realizar en este equipo. Esta norma está dirigida únicamente a inspección, pruebas y mantenimiento de grúas articuladas sobre camión o plataformas.

### 2.2.5.3 UNE-EN 12999

Esta es una norma europea que presenta los requisitos para el diseño, cálculo, exámenes y pruebas de las grúas articuladas y sus montajes sobre vehículos u otra instalación. Esta es una norma elaborada por el comité técnico AEN/CTN maquinaria de elevación y transporte. Esta norma se aplica a las grúas cargadoras incluidas a las grúas forestales construidas después de la fecha de aprobación por CEN en esta norma

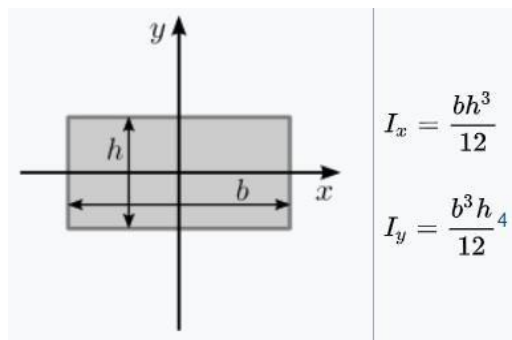
### 2.2.6 Esfuerzo cortante

El esfuerzo cortante, de corte, de cizalla o de cortadura es el esfuerzo interno o resultante de las tensiones paralelas a la sección transversal de un prisma mecánico como por ejemplo una viga o un pilar. Se designa variadamente como T, V o Q

Este tipo de sollicitación formado por tensiones paralelas está directamente asociado a la tensión cortante. Para una pieza prismática se relaciona con la tensión cortante mediante la relación.

### 2.2.7. Momento de inercia de área

Figura Nº 15:  $I_x$  indica momento de inercia de sección rectangular



El momento de inercia (símbolo I) es una medida de la inercia rotacional de un cuerpo. Cuando un cuerpo gira en torno a uno de los ejes principales de inercia, la inercia rotacional puede ser representada como una magnitud vectorial llamada momento de inercia. El momento de inercia refleja la distribución de masa de un cuerpo o de un sistema de partículas en rotación, respecto a un eje de giro. El momento de inercia solo depende de

la geometría del cuerpo y de la posición del eje de giro; pero no depende de las fuerzas que intervienen en el movimiento.

### 2.2.7.1 Momento de inercia de dos vigas unidas

El momento de inercia para dos vigas que interactuaran de forma óptima, donde la parte de bastidor auxiliar sigue el lado superior del bastidor del chasis como si se hubiera unido en la superficie de contacto. La Figura 16 muestra a detalle los elementos que conforman el cálculo del momento de inercia de dos vigas:

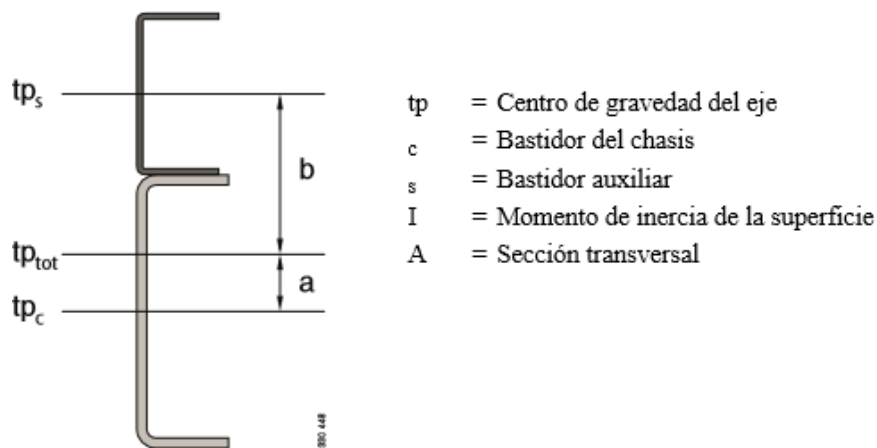


Figura N° 16: Componentes de momento de inercia

$$I_{tot} = I_c + I_s + A_c \cdot a^2 + A_s \cdot b^2$$

El momento de inercia de la superficie de dos vigas que no interactúan, por lo que la parte inferior del bastidor se puede desplazar libremente y sin fricciones longitudinalmente en relación con el lado superior del bastidor del chasis, se asume que el contacto en toda la superficie es:

$$I_{tot} = I_c + I_s$$

Comparación entre ambos momentos de inercia

$$I_c + I_s + A_c \cdot a^2 + A_s \cdot b^2 > I_c + I_s$$

Esto indica que el momento de inercia para dos bastidores que interactúan entre sí es mayor que entre dos bastidores que no interactúan entre sí.

El momento de inercia refleja la distribución de masa de un cuerpo o de un sistema de partículas en rotación, respecto a un eje de giro.

### 2.2.8 Teorema de Steiner

El teorema de Steiner indica que el momento de Inercia de un sólido no deformable que gira alrededor de un eje situado en un punto cualquiera, conocido el momento de Inercia que pasa por el centro de masas equivale a la suma del  $I_{cm}$  más el producto de la masa por la distancia entre ambos ejes

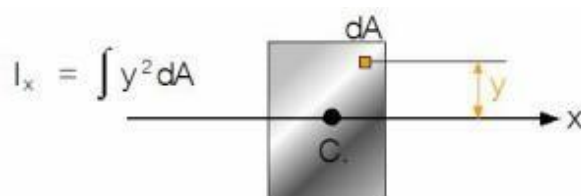


Figura N° 17: momento de inercia respecto al eje de Centroide

### 2.2.9 Momento flector

Se denomina momento flector (o también "flexor"), o momento de flexión, a un momento de fuerza resultante de una distribución de tensiones sobre una sección transversal de un prisma mecánico flexionado o una placa que es perpendicular al eje longitudinal a lo largo del que se produce la flexión. La figura 18 muestra la viga sometida a momento flector antes y después de la carga.

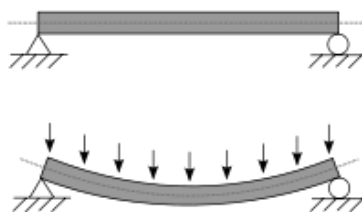


Figura N° 18: Momento flector en una viga



### 2.2.10 Soldadura

Este proceso consiste en la unión de dos o más piezas metálicas obteniendo una pieza rígida con buenas características mecánicas. De acuerdo con la norma de soldadura AWS existen diferentes métodos de unión de materiales, soldadura por fusión, soldadura en estado sólido y la soldadura fuerte y blanda. Para el presente estudio es importante conocer los procesos de soldadura por fusión

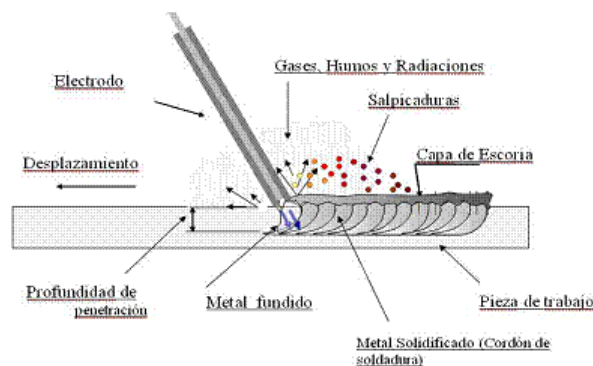


Figura N° 19: Soldadura por electrodo

### 2.2.11 Acero

“Acero” es la denominación que reciben las aleaciones de hierro (Fe) y carbono (C) en las que el contenido de carbono en disolución sólida en el hierro está por debajo del 2,1%. Por tanto, no hay un solo tipo de acero sino muchos aceros diferentes. Un ejemplo es el acero 1045 que tiene un 0.45% de carbono, 0.75% de manganeso, 0.40% de fósforo, 0.50% de azufre, y 0.22% de silicio.

Los aceros aleados son aquellos que contienen cantidades o porcentajes específicos de otros elementos en una composición química los elementos más comúnmente aleados con estos aceros son el níquel, cromo, molibdeno, vanadio y tungsteno. El Mn se encuentra también en esta categoría si se especifica dentro de un porcentaje mayor al 1%.

### **2.2.11.1 Acero A36**

El acero A36 (norma ASTM A36) es uno de los aceros estructurales de carbono más utilizados, aunque el contenido de carbono del acero estructural A36 es de un máximo de 0.29%, se considera acero suave (contenido de carbono  $\leq 0.25\%$ ).

El acero estructural A36 tiene buena soldabilidad, generalmente se lamina en caliente en acero rectangular, acero cuadrado, acero redondo, placa de acero, y también se hace comúnmente en todo tipo de secciones de acero, como vigas H, vigas I, canal U, ángulo de acero, tubo de acero, etc.

### **2.2.12 ASTM (American Society for Testing and Materials)**

Sociedad Americana para Pruebas y Materiales, por sus siglas en inglés (American Society for Testing and Materials o ASTM International), es una organización de normas internacionales que desarrolla y publica acuerdos voluntarios de normas técnicas para una amplia gama de materiales, productos, sistemas y servicios. Existen aproximadamente 12.575 acuerdos voluntarios de normas de aplicación mundial

Actualmente estas normas se utilizan para la comprobación y aceptación de productos y transacciones comerciales a nivel mundial. Abarcan una gran diversidad de materiales como metales, pinturas, plásticos, textiles, petróleo, construcción, energía, análisis del medio ambiente, productos para consumidores finales, dispositivos médicos, productos electrónicos, así como investigaciones y proyectos de desarrollos, comprobaciones y aceptaciones de desarrollos, sistemas de calidad, entre otros

### **2.2.13 Teoría de von Mises**

El criterio de máxima tensión de von Mises se basa en la teoría de von Mises-Hencky, también conocida como teoría de la energía de cortadura o teoría de la energía de

distorsión máxima. En términos de las tensiones principales  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$ , la tensión de von Mises se expresa de la siguiente manera:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2 - \sigma_2 \cdot \sigma_3 - \sigma_1 \cdot \sigma_3}$$

La teoría expone que un material dúctil comienza a ceder en una ubicación cuando la tensión de von Mises es igual al límite de tensión. En la mayoría de los casos, el límite elástico se utiliza como el límite de tensión. Sin embargo, el software le permite utilizar el límite de tensión de tracción/ruptura o establecer su propio límite de tensión.

$$\sigma_{\text{VonMises}} \geq \sigma_{\text{limit}}$$

#### 2.2.14 Carga distribuida

Se considera una carga distribuida a todo material o elemento que es soportado por una viga, ya sea a modo permanente dentro de la estructura como: la placa de un techo, el viento, presión hidrostática, etc.; o accidental como: nieve, agua, depósitos de materiales, etc. Incluir las cargas distribuidas dentro del análisis de las estructuras logra evitar las grietas en las zonas de las vigas, ocasionado por una mayor tensión del cual no pueden soportar. La figura mostrada a continuación detalla una carga distribuida uniforme sobre una viga.

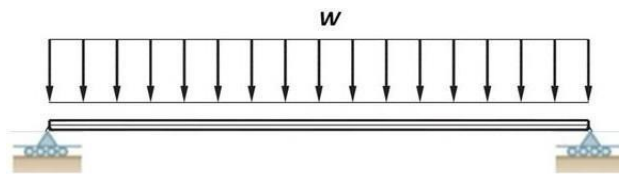


Figura N° 20: Carga distribuida

##### 2.2.14.1 Eje neutro de una viga simple

El eje neutro es la zona de la sección donde se anula su nivel tensional, separando la parte inferior traccionada de la parte superior de la sección que estará comprimida. Como se ha

dicho, previamente al cálculo del módulo resistente de la sección es necesario determinar la posición de su eje neutro.

Efectivamente, de la resistencia de materiales se tiene que cuando a lo largo de un perfil estructural actúa un momento flector que genera una flexión del perfil, se origina entonces una tensión interna de dirección normal a la sección transversal del perfil.

Esta flexión va a generar niveles de tensiones internos en la sección del perfil, que van a ser tensiones normales de tracción en la parte superior y de compresión en la parte inferior, existiendo por tanto una zona de transición en la sección del perfil donde las tensiones van a ser nulas, que se corresponde con el denominado eje neutro de la sección del perfil.

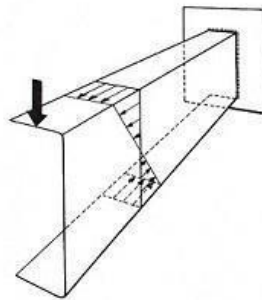


Figura N° 21: Distribución de fuerzas en viga a partir del eje neutro

#### 2.2.14.2 Cálculo de tensión en el chasis:

De acuerdo al tipo de montaje rígido, las tensiones que se generan en la estructura con las cargas sometidas o expuestas son la tensión admisible a tracción (chasis) y la tensión admisible a compresión (bastidor)

$$\sigma_{adm,t} \geq \frac{M_{def}}{W_t^*}$$

$$\sigma_{adm,c} \geq \frac{M_{def}}{W_c^*}$$

- Donde  $W_t$  es el módulo de resistencia a la tracción del eje neutro longitudinal hasta el final del chasis del vehículo.

- Donde  $W_c$  es el módulo de resistencia a la compresión del eje neutro longitudinal hasta el final del bastidor.

#### 2.2.14.3 Momento de flexión en viga simple:

En la siguiente imagen se muestra las dimensiones de una viga simple cuyos valores permitirán calcular el momento de inercia y posteriormente su módulo de resistencia

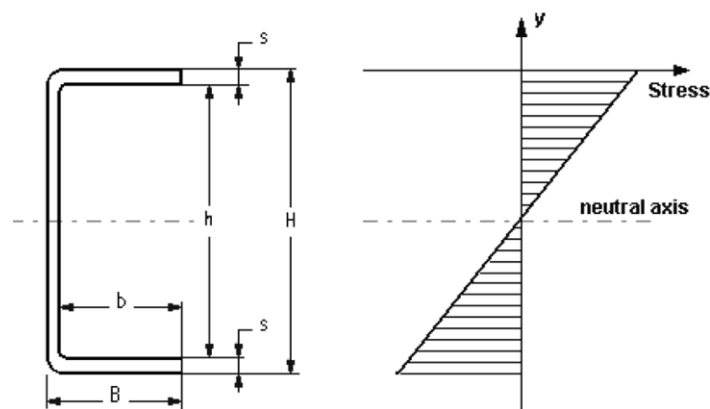


Figura N° 22: Momento de inercia respecto al eje neutro

Para determinar el momento de inercia  $I_x$  y el módulo o momento resistente  $W_x$  de la sección transversal habrá que conocer las magnitudes geométricas y con ello utilizar la siguiente formula:

$$I_x = \frac{B H^3}{12} - \frac{b h^3}{12}$$

$$W_x = \frac{I_x}{H/2} = \frac{I_x \cdot 2}{H}$$

#### 2.2.14.4 Momento de flexión en la sección combinada (chasis y bastidor auxiliar)

De acuerdo al tipo de instalación elegida, para este caso un montaje rígido, el cálculo del momento de inercia  $I_x$  y el modulo resistente  $W_x$  de la sección transversal de una viga combinada o un bastidor auxiliar sobre un chasis requiere mayores procedimientos. Para ello inicialmente se deberá de obtener el centroide del conjunto (centro de gravedad)  $Y_c$

de la sección transversal combinada, para posteriormente con ello calcular las dimensiones  $z_F$  y  $z_S$ , luego se calcula el segundo momento de la sección transversal combinada  $I_c$  y el modulo o momento resistente de la sección transversal combinada  $W_c$

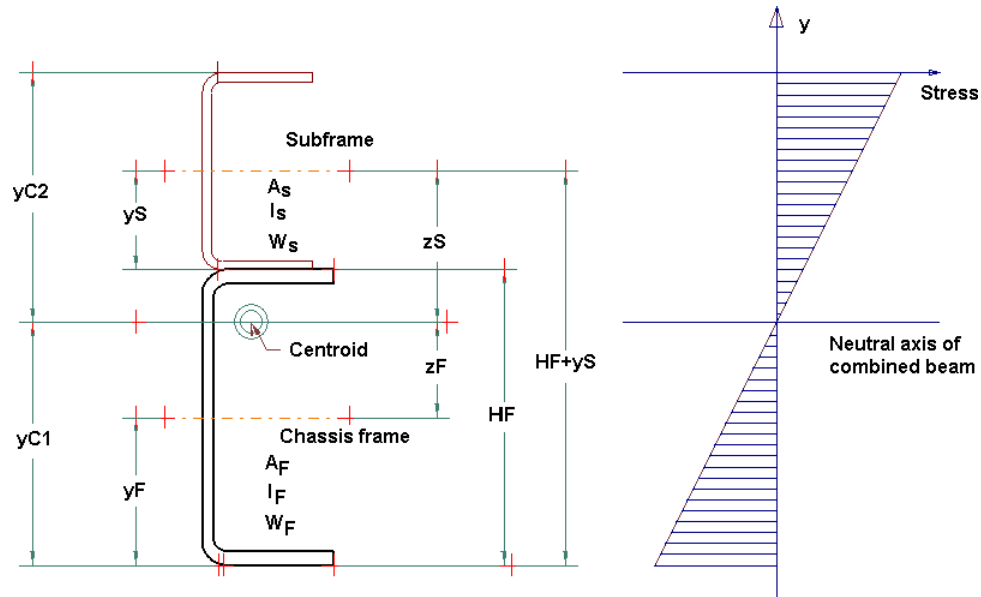


Figura N° 23: Momento de inercia en perfil combinado

$$y_C = \frac{A_F y_F + A_S (H_F + y_S)}{A_F + A_S}$$

$$z_F = y_C - y_F$$

$$z_S = H_F + y_S - y_C$$

$$I_C = (I_F + A_F z_F^2) + (I_S + A_S z_S^2)$$

$$W_C = \frac{I_C}{e_C} \quad e_C = \max(y_{C1}, y_{C2})$$

### 2.2.15 Costos operativos

Los costos operativos son los gastos generados en la operación de un negocio, funcionamiento de un proceso, sistema o instalación. Son aquellos que suceden luego del inicio, construcción o instalación de la nueva capacidad productiva hasta el final de

su vida útil. Se obtienen de la valoración monetaria de los bienes y servicios que se deben adquirir para mantener la operación y los beneficios generados en el proceso, por ejemplo, en el proceso de instalación de grúas articuladas sobre camión comercial, los costos operativos están dados por el costo del acero para la elaboración de la estructura portante (bastidor auxiliar), compra de materiales o insumos eléctricos, hidráulicos, de ferretería, etc. y pago por mano de obra al personal encargado de realizar las instalaciones, entre otros.

#### **2.2.15.1 Mano de obra**

Se entiende por mano de obra tanto el esfuerzo físico y mental que realiza un trabajador para fabricar, reparar o mantener un bien, como la retribución económica que dicho trabajo implica, es decir, el precio de los servicios del trabajo realizado por el personal técnico hidráulicos, eléctricos, soldadores, ayudantes, etc. y administrativos involucrados en dicho trabajo.

#### **2.2.15.2 Reprocesos**

Son las acciones tomadas frente a los productos defectuosos o que no cumplen con los requisitos exigidos de calidad establecidos, para ello se realizaron una serie de trabajos adicionales para rectificar el producto y hasta lograr la conformidad. Por ejemplo, en el proceso de montaje de grúas, la primera etapa es la elaboración de un bastidor que se desarrolla en una plataforma, luego la estructura fabricada se coloca sobre el camión y en algunos casos no coincide algunos puntos de referencia, para ello se tiene que retirar nuevamente y rediseñar la estructura elaborada.

## **CAPITULO 3**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Variables**

Las variables identificadas para este informe son de tipo cuantitativo dependiente.

##### **3.1.1 Variable independiente:**

- Diseño de Bastidor auxiliar.

##### **3.1.2 Variable dependiente:**

- Reducción de los costos operativos.

#### **3.2 Metodología**

##### **3.2.1 Tipo de estudio**

El tipo de estudio es Aplicado, es un estudio que permitirá describir los datos y características en forma precisa de los elementos en estudio. Además, permite identificar la relación existente entre dos y más variables.

Se estudia y se analizará los datos encontrados para encontrar resultados significativos que contribuyan a la mejora continua de la empresa.



### **3.2.2 Diseño de Investigación**

El diseño de la investigación es no experimental porque la investigación está basada en el cálculo, diseño e implementación del batidor auxiliar, donde se realizará los distintos procesos de fabricación para obtener el diseño final y poder usarlo en el montaje conjunto de la grúa sin que se modifique o altere alguna variable de estudio o que se altere algunas fórmulas empleadas; finalmente se analizará los beneficios económicos obtenidos por el diseño.

### **3.2.3 Método de Investigación**

El método de investigación es explicativo porque se detalla o se explica las causas de los sucesos que ocurren o pueden ocurrir con la implementación o sin ella. Se procederá a explicar el porqué es beneficioso el diseño de bastidor auxiliar planteado.

## **CAPITULO 4**

### **METODOLOGIA PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA**

#### **4.1 Análisis situacional**

Actualmente la empresa Zapler viene desarrollando los montajes de las grúas articuladas utilizando un bastidor que no presenta cálculo de diseño previo como lo solicita la norma UNE-EN 12999 que es un requisito para las empresas dedicadas al montaje de las grúas mencionadas. Los bastidores auxiliares utilizados son fabricados basándose únicamente en la experiencia del personal técnico generando en oportunidades reprocesos, riesgos de fractura de la propia estructura como también del camión donde se instalará por falta de un diseño que garantice su resistencia. Esta situación conlleva a demoras en el tiempo de entrega hacia el cliente final y con ello sus quejas y reclamos.

La situación actual también involucra al área financiera debido a que en algunas oportunidades se han tenido que realizar modificaciones en el diseño usado y por los reprocesos que involucran más gastos económicos. Para realizar el análisis situacional de la empresa se utilizó la matriz FODA mostrada en la tabla N° 05, donde se puede encontrar las principales ventajas y desventajas de la empresa.

La principal fortaleza de Zapler es ser representante en Perú de PALFINGER, marca líder de grúas a nivel mundial. Una de las principales oportunidades de la empresa es que la grúa articulada es un producto con gran demanda en proyectos mineros y en la industria

en general en este país, proyectos como Yanacocha (Cajamarca), Mina justa (Ica), Toromocho (Junín) y otros sectores de la industria hacen gran uso de las grúas. Generando mayor oportunidad de mercado para la empresa Zapler Sac.

La principal debilidad actual es la demora en la entrega de sus productos en muchos casos por reprocesos de actividades no estandarizadas en montaje de las grúas.

La principal amenaza actual a la empresa es la variedad de empresas en el mercado nacional que ofertan grúas de otras marcas.

Tabla 05: Matriz FODA de la empresa Zapler Sac

<b>VENTAJAS</b>	
<b>FORTALEZAS</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>
Únicos representantes de la marca de grúas "Palfinger" en Perú	Mayores oportunidades de uso de grúas en el mercado nacional
Confianza de los clientes hacia la marca de grúas "Palfinger"	Capacitación al personal
Amplias instalaciones para las actividades de montajes	Estandarización de los procesos e implementación de mejoras continuas
<b>DESVENTAJAS</b>	
<b>DEBILIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
Demoras en la entrega del producto	Variedad de empresas del rubro en el mercado
Cantidad de reclamos de los clientes	Pérdida de confianza de los clientes
Falta de diseño	Ventas no concretadas por falta de garantías

Fuente: Elaboración propia

Se realizó un análisis del proceso actual de montaje de una grúa articulada dentro de la empresa Zapler, para ello se utiliza la Figura N° 24 mostrada a continuación donde se puede observar que hay ausencias de algunos procesos generando oportunidades para implementar mejoras en el montaje de grúas articuladas.

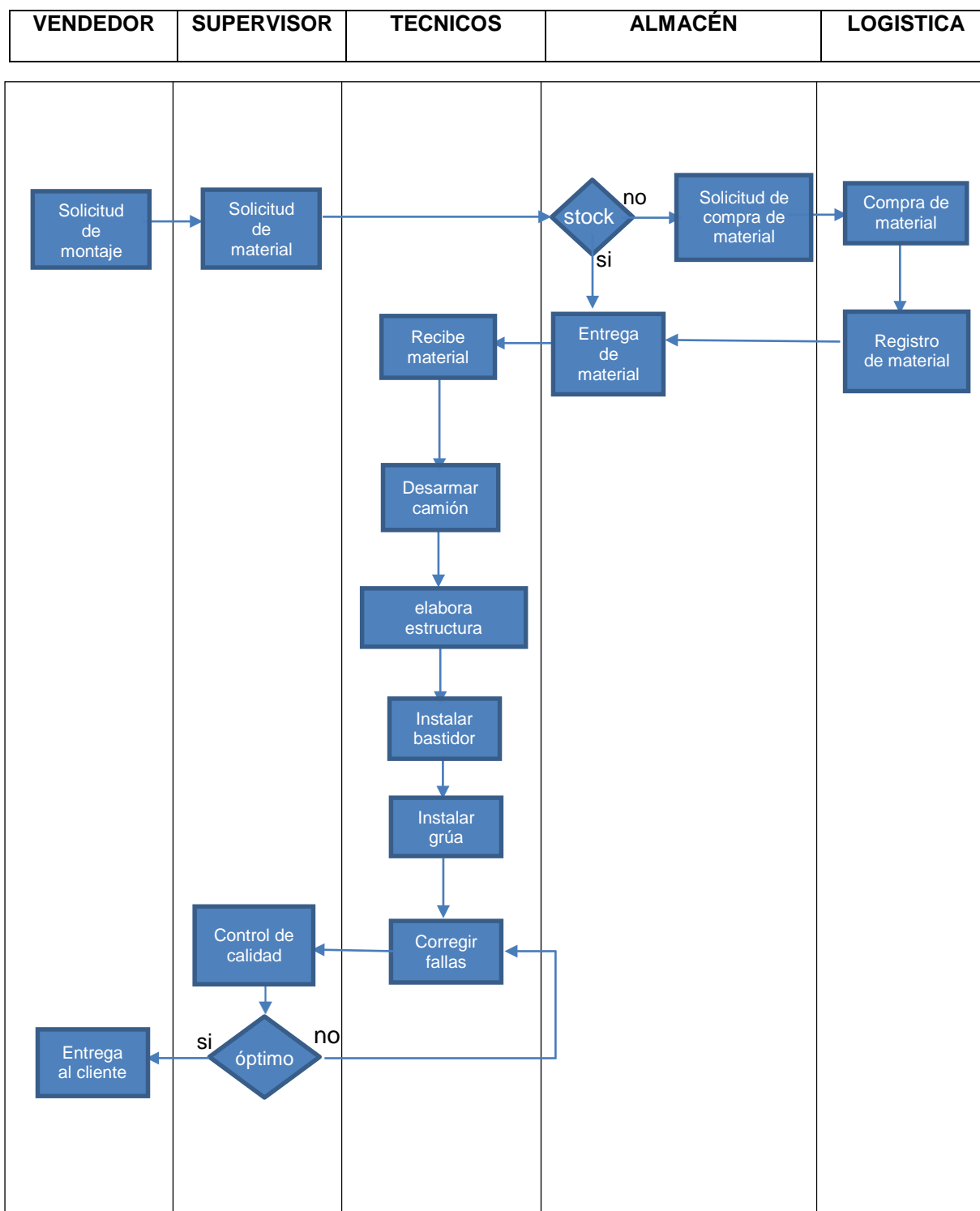


Figura N° 24: Diagrama de procesos de montaje de Zapler SAC

Fuente: Elaboración propia

En la figura N.º 25 se muestra mediante el Diagrama de Pareto la frecuencia de las causas de las demoras que se realizaron en los procesos de montaje para distintos clientes, evidenciándose como una de las mayores causas el tiempo demorado en la fabricación e instalación de los bastidores para el montaje, ya que esto trae como consecuencia reprocesos y/o modificaciones en el diseño de la estructura una vez finalizada su instalación y en algunos casos la incorporación de más material para reforzar la estructura.

Actualmente el tiempo promedio para el montaje e instalación de una grúa PK32080 es de 8 días hábiles incluyendo control de calidad.

Cabe recordar que el uso de un bastidor elaborado sin alguna información técnica de su diseño no garantiza la resistencia de la estructura y del equipo cuando es sometido a cargas de trabajo.

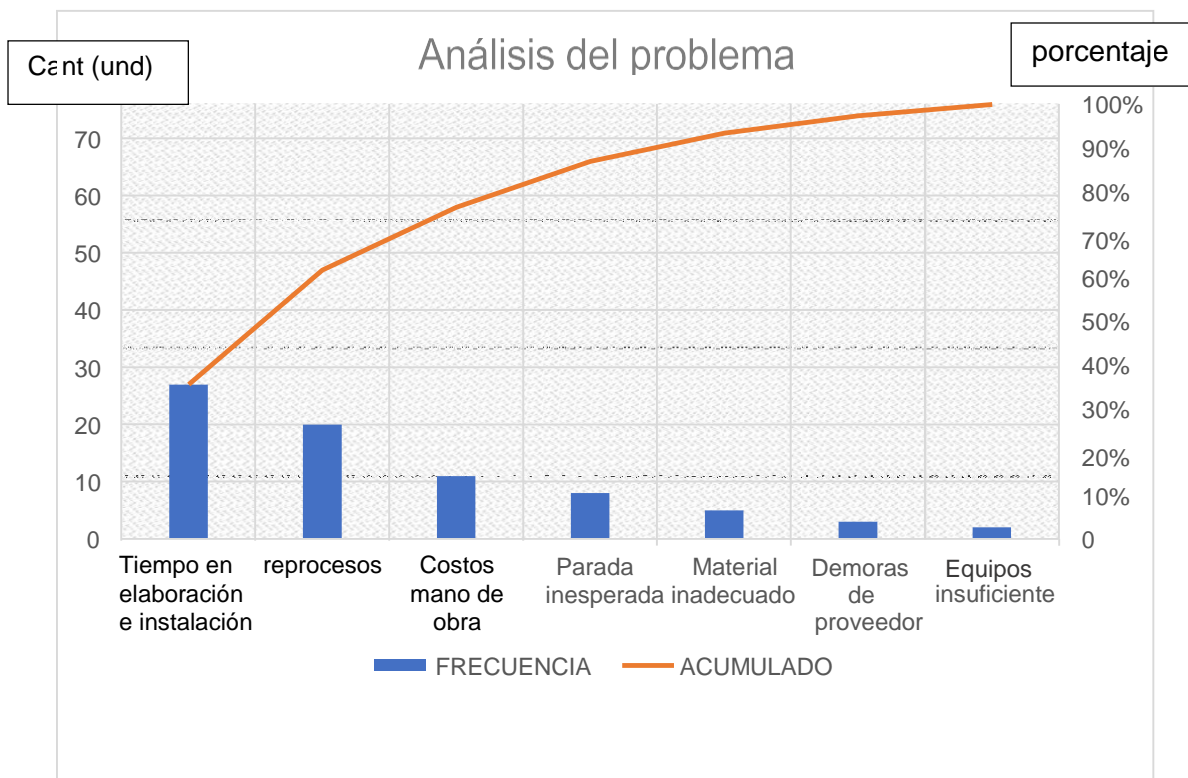


Figura N.º 25: Diagrama de Pareto para identificar el problema.

Elaboración propia.

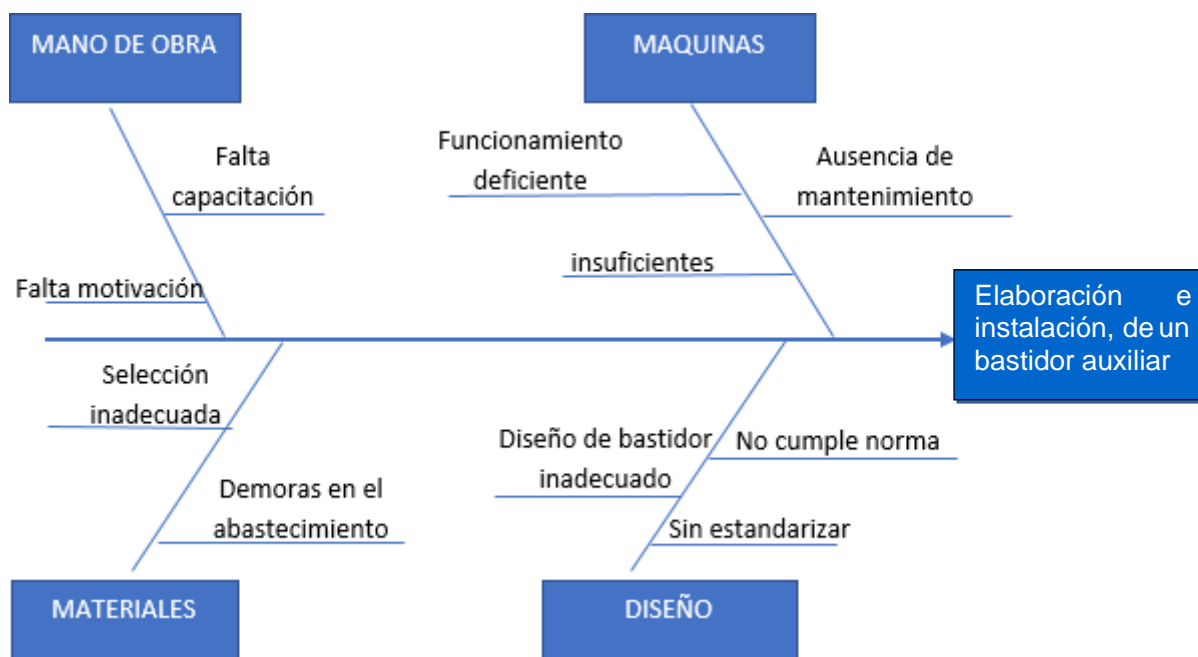


Figura N° 26: Diagrama ISHIKAWA para identificar la causa de los problemas.

Fuente: Elaboración propia

En el grafico anterior figura N.º 26 se presenta las causas y el efecto que conllevan a los reclamos enfocados a montajes defectuosos de grúas y con ello la insatisfacción de los clientes en la compra de las grúas.

Para la instalación de la grúa sobre el camión se utiliza el bastidor auxiliar el cual se coloca sobre el chasis del camión con la finalidad de reforzarlo o aumentar su resistencia, sobre el bastidor auxiliar se coloca la grúa modelo PK 32080 que será fijada a la estructura combinada (chasis y bastidor auxiliar) mediante espárragos de fijación M36 con un ajuste de 2300 Nm.

Por ello es muy importante desarrollar los cálculos de resistencia de estos elementos para evitar fracturas del chasis del camión o del bastidor auxiliar utilizado que generarían grandes pérdidas económicas para las empresas propietarias de las grúas.

## 4.2 Alternativas de solución

Basándose en el planteamiento del problema se presentan las siguientes alternativas de solución:

- Elaborar el bastidor con personal de la propia empresa, mediante planos y cálculos que cumplan con los requisitos de normas, resistencia e ingeniería frente a los esfuerzos a los que será sometido en condiciones de trabajo
- Contratar a una empresa especializada en estructuras metálicas para la elaboración del bastidor auxiliar a usarse en los montajes.
- Solicitar al cliente que sus vehículos vengan con el bastidor auxiliar para grúa incorporado en su chasis.

Para la elección de la alternativa adecuada se utilizó la intervención de profesionales quienes evaluaron distintos aspectos como calidad, económicos, temporales y técnicos.

**Experiencia (20%):** Se analiza la capacidad técnica suficiente para la elaboración optima del bastidor auxiliar como alternativa de solución.

**Costos (20%):** Se analiza el costo de servicio de la empresa contratada por la elaboración del bastidor, contra el costo operativo del área de montaje la empresa Zapler.

**calidad (30%):** Se analiza la calidad de la fabricación del bastidor auxiliar.

**Tiempo (30%):** Se evalúa el tiempo de entrega de la fabricación de la estructura bastidor auxiliar.

Posterior a ello, se indica el valor de las calificaciones.

4= Muy bueno

3= Bueno

2= Regular

1= Malo

A continuación, en la siguiente tabla se muestra los criterios evaluados ante las posibles alternativas de solución frente al problema.

Tabla N° 6: Evaluación de alternativas de solución

Criterios	ELABORAR EN ZAPLER		CONTRATAR EMPRESA		ASUME CLIENTE	
	Calificación	Pesos	Calificación	Pesos	Calificación	Pesos
Calidad	3	30%	3	30%	1	30%
Costos	3	20%	2	20%	3	20%
Experiencia	4	20%	3	20%	1	20%
Tiempo	3	30%	1	30%	4	30%
<b>TOTAL</b>	<b>13</b>	<b>100%</b>	<b>9</b>	<b>100%</b>	<b>9</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al puntaje obtenido, se puede observar que la mayor calificación es 13 y corresponde a la elaboración del bastidor en la misma empresa Zapler, resultando más conveniente para los factores de costo, tiempo, experiencia y calidad evaluados.

#### 4.3 Solución

A continuación, se desarrolla los cálculos correspondientes para elaborar el diseño del bastidor auxiliar a usar en la instalación de la grúa PK 32080 sobre el camión Volvo VM 330. La figura 27 muestra los datos técnicos de la grúa PK 32080 a usar para el cálculo correspondiente.

<b>Datos técnicos (EN 12999 H1-B3):</b>		<b>PK 32080</b>
Momento de elevación		298,2 kNm/30,4 t x m
Máx. capacidad	83,4 kN/8500 Kg	a 3,5 m
Alcance hidráulico máximo		14,3 m
Alcance máximo		21,0 m
Alcance máximo (+ Fly-jib)		24,9 m
Angulo de giro		400°
<b>Grúa standard:</b>		
Par de giro neto		37,3 kNm/3,8 t x m
Alcance		8,1 m
anchura de apoyo	standard	6,0 m
	máxima	6,0 m
Espacio para montaje		0,97 m
anchura grúa plegada		2,5 m

Figura N° 27: Datos técnicos de PK 32080



En la siguiente imagen se muestra los datos emitidos por el manual del fabricante de la grúa, cuya fórmula se utilizará para calcular la fuerza vertical de acuerdo su ficha técnica.

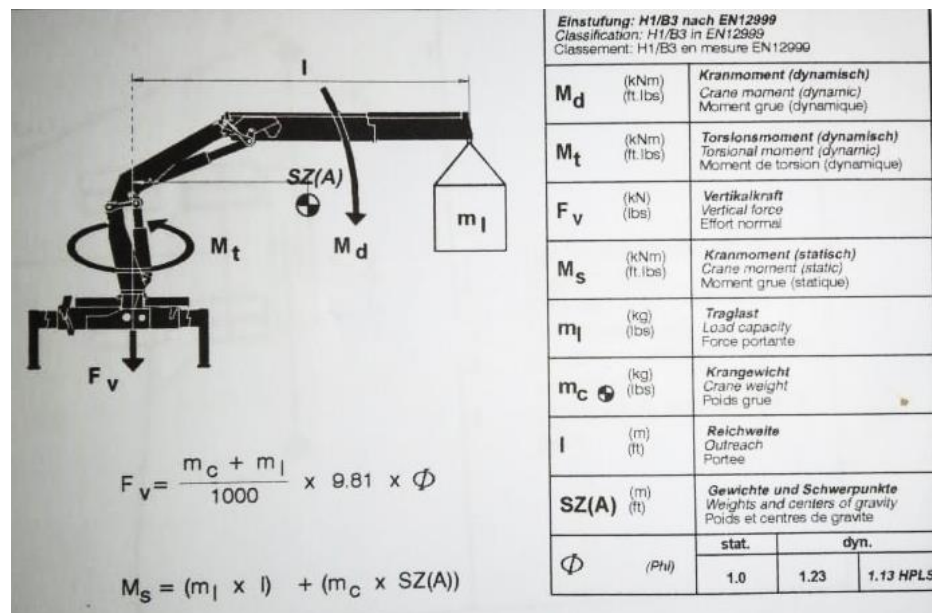


Figura N° 28: Fuerza vertical

Se calcula la fuerza vertical  $F_v$  que aplica la grúa sobre el bastidor combinado. De los datos técnicos se obtiene que:

$$m_c \text{ peso de la grúa} = 3100 \text{ kg}$$

$$F_v = 3100 \times 9.81 \times 1.23$$

$$F_v = 39.059 \text{ kN}$$

Del mismo modo se calcula la fuerza que aplica la carrocería y el peso a cargar sobre el bastidor auxiliar.

$$P_{\text{TOLVA}} = \frac{(\text{Capacidad de carga} + \text{peso carrocería}) \times 9.81}{1000}$$

$$P_{\text{TOLVA}} = \frac{(15478 \text{ Kg} + 1600 \text{ Kg}) \times 9.81}{1000}$$

$$P_{\text{TOLVA}} = 167.4 \text{ kN}$$

**Q<sub>1</sub> = Grúa**

**Q<sub>2</sub> = Carrocería**

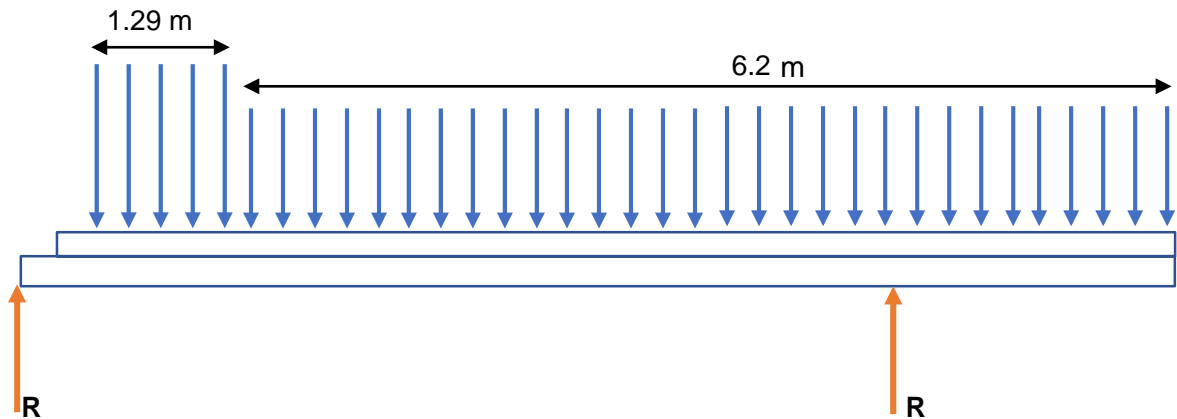


Figura N° 29: Distribución de cargas

De acuerdo a los datos obtenidos y las longitudes de la distribución de cargas según su ficha técnica, se tiene lo siguiente:

$$Q = \frac{F_v}{L}$$

$$Q_1 = \frac{39.059 \text{ kN}}{1.35 \text{ (2)}} \dots\dots\dots Q_1 = 14466.5 \text{ N/m}$$

$$Q_2 = \frac{167.400 \text{ kN}}{6.2 \text{ m (2)}} \dots\dots\dots Q_2 = 13500 \text{ N/m}$$

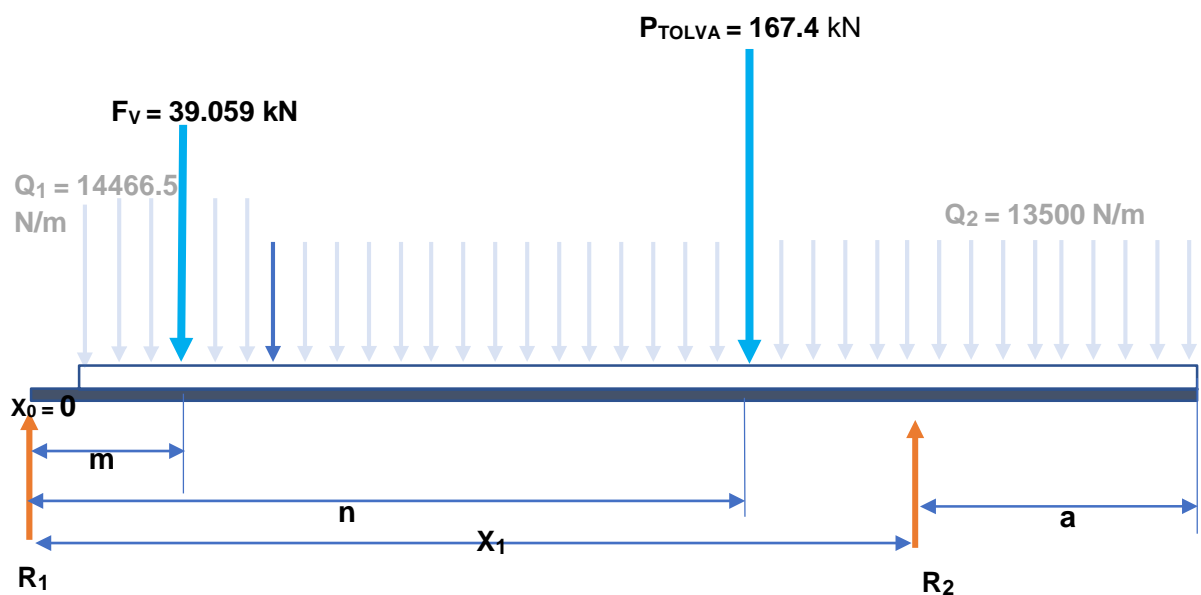


Figura N° 30: Distribución y reemplazo de cargas

Se evalúa las cargas para encontrar las reacciones  $R_1$  y  $R_2$  añadiendo el momento máximo de carga generado por la grúa

Momento Máximo de elevación = 30.4 Tm (Figura N° 29 Datos técnicos de Grúa PK 32080)

$$30.4 \text{ Tm} = 298200 \text{ Nm.}$$

Distribuyendo el valor entre las 02 vigas longitudinales se obtiene un momento de **M = 149100 Nm.**

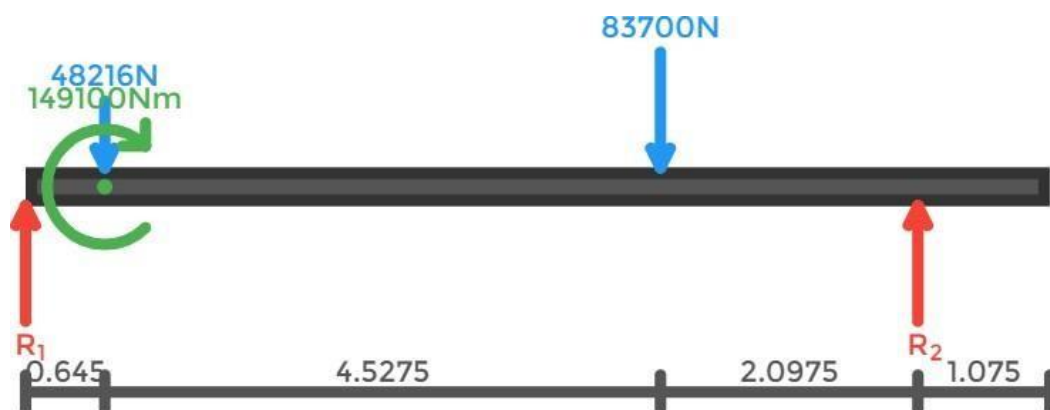


Figura N° 31: Momento y cargas puntuales sobre el perfil

Por lo tanto, equilibrando las fuerzas verticalmente, se encuentra:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_1 + F_2 - R_1 - R_2 = 0$$

Donde: R representa las reacciones; F representa cargas puntuales. Por tanto, sustituyendo los valores numéricos, se encuentra

$$R_1 + R_2 = 133873.44 \text{ N}$$

Resolviendo el momento de equilibrio en el primer soporte, se encuentra:

$$\sum M = 0 \rightarrow R_2(x_1 - x_0) - F_1(x_n - x_0) - F_2(x_n - x_0) + M_3 = 0$$

Sustituyendo los valores numéricos, se encuentra:

$$R_2(7.27-0) = +(19529,7) (0.645-0) + (90382,5) (4,9-0) - (-149100)$$

$$R_2 = 84452,42 \text{ N}$$

De las dos ecuaciones, se encuentra el siguiente sistema:

$$R_1 + R_2 = 109912,27 \text{ N}$$

Resolviendo el sistema, encontrará:

$$R_1 = 25459,85 \text{ N}$$

#### 4.3.1 CALCULO DEL FUERZA CORTANTE

Para encontrar la ecuación de la fuerza cortante, es necesario equilibrar las fuerzas verticales en cada sección (que van de 0 a x metros), es decir:

$$\sum F_y + V(x) = 0$$

Donde  $V_{(x)}$  es la fuerza cortante en la posición x.

##### Sección 1 ( $0 \leq x \leq 0.645$ )

Resolviendo el equilibrio de fuerzas en la sección:



$$Z_1 - R_1 + V(x) = 0$$

Donde  $Z_1$  representa la carga distribuida aplicada solo hasta x posición, y no la carga completa, calculada como:

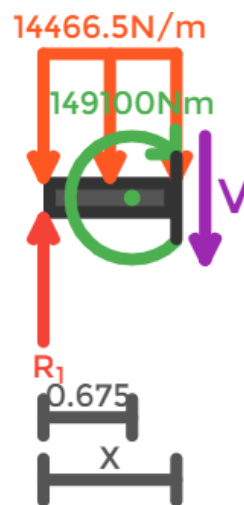
Carga 1, rectangular:  $Z_1 = w (x - X_i) = 14466,5 x - 0$

Sustituyendo los valores numéricos, se encuentra

$$V(x) = -14466,5 x + 25459,84$$

### Sección 2 ( $0.675 \leq x \leq 1.35$ )

Resolviendo el equilibrio de fuerzas en la sección:



$$Z_1 - R_1 + V(x) = 0$$

Donde  $Z_1$  representa la carga distribuida aplicada solo hasta x posición, y no la carga completa, calculada como:

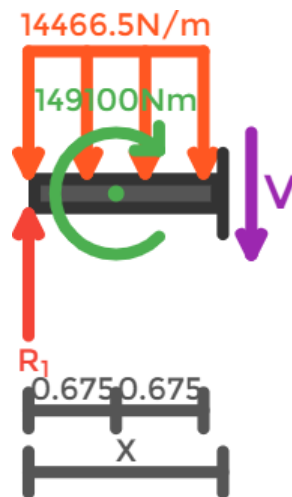
Carga 1, rectangular:  $Z_1 = w (x - X_i) = 14466,5x - 0$

Sustituyendo los valores numéricos, se encuentra

$$V(x) = -14466,5x + 25459,85$$

### Sección 3 ( $1.35 \leq x \leq 1.65$ )

Resolviendo el equilibrio de fuerzas en la sección:



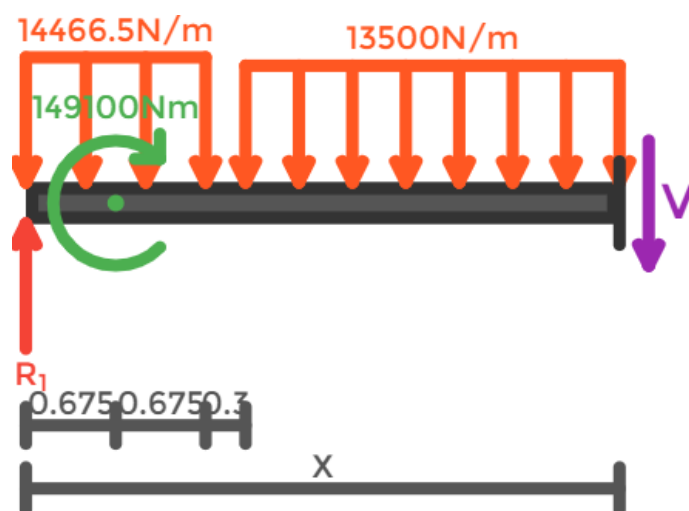
$$Z_1 - R_1 + V(x) = 0$$

Sustituyendo los valores numéricos, se encuentra:

$$V(x) = 5930,07$$

### Sección 4 ( $1.65 \leq x \leq 7.27$ )

Resolviendo el equilibrio de fuerzas en la sección:



$$Z_1 + Z_2 - R_1 + V(x) = 0$$

Donde  $Z_2$  representa la carga distribuida aplicada solo hasta  $x$  posición, y no la carga completa, calculada como:

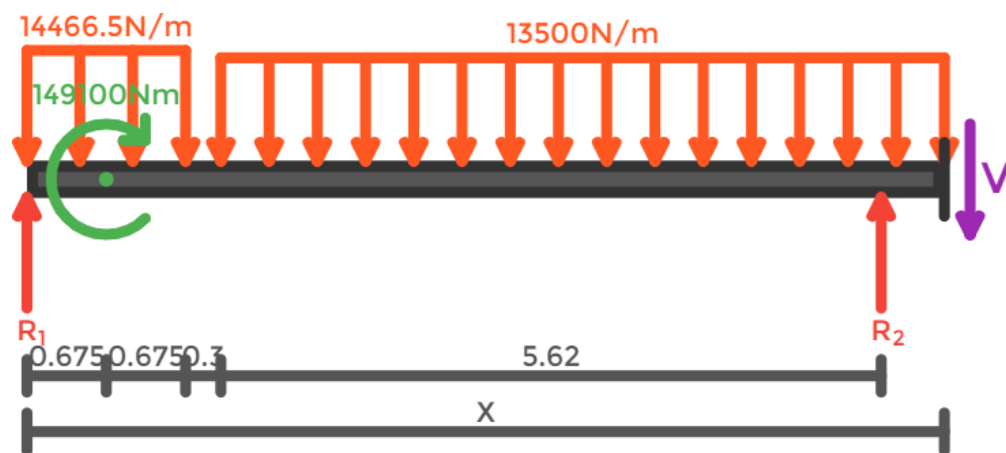
Carga 2, rectangular:  $Z_2 = w (x - X_i) = 13500 x - 22275$

Sustituyendo los valores numéricos, se encuentra

$$V(x) = -13500 x + 28205.07$$

### Sección 5 ( $7.27 \leq x \leq 8.345$ )

Resolviendo el equilibrio de fuerzas en la sección:



$$Z_1 + Z_2 - R_1 - R_2 + V(x) = 0$$

Donde  $Z_2$  representa la carga distribuida aplicada solo hasta  $x$  posición, y no la carga completa, calculada como:

Carga 2, rectangular:  $Z_2 = w (x - X_i) = 13500 x - 22275$

Sustituyendo los valores numéricos, se encuentra

$$V(x) = -13500 x + 112657.5$$

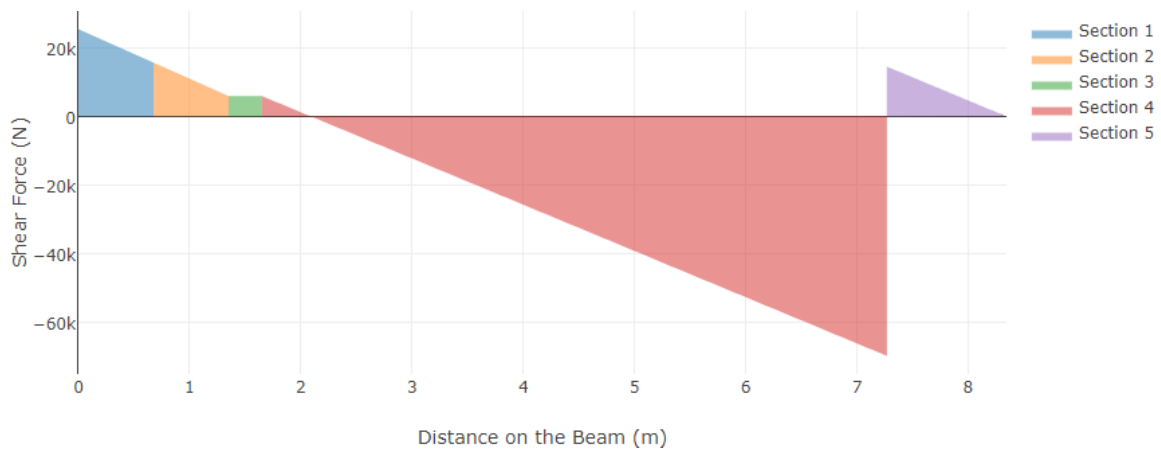


Figura N° 32: Diagrama de Fuerza cortante

#### 4.3.2 CALCULO DE MOMENTO FLECTOR

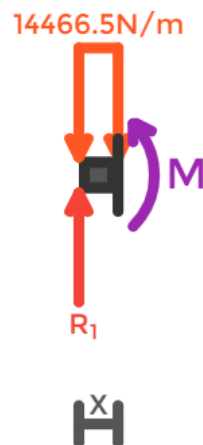
Para encontrar la ecuación del momento flector, es necesario equilibrar el momento en cada sección (que va de 0 a los X metros), es decir:

$$\sum Fy(x-X_c) + \sum M + M(x) = 0$$

Donde  $M(x)$  es el valor del momento flector en la posición  $x$ .

##### Sección 1 ( $0 \leq x \leq 0.645$ )

Resolviendo el balance de momentos en el tramo:



$$Z_1(x-X_c) - R_1(x-X_a) + M(x) = 0$$



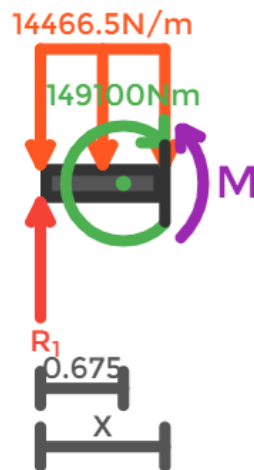
Donde  $Z_1(x-X)$  representa el momento equivalente causado por la distribución de cargas aplicada hasta la posición  $X$ , y no la carga completa, calculada como:

Carga 1, rectangular:  $Z_1(x-X_c) = w/2 (x - X_i)^2 = 7233,25X^2 - 0x - 0$

Sustituyendo los valores numéricos, se encuentra:

$$M(x) = -7233,25X^2 + 25459.85 x$$

### Sección 2 ( $0.645 \leq x \leq 1.35$ )



$$Z_1(x-X_c) + M_3 - R_1(x-X_a) + M(x) = 0$$

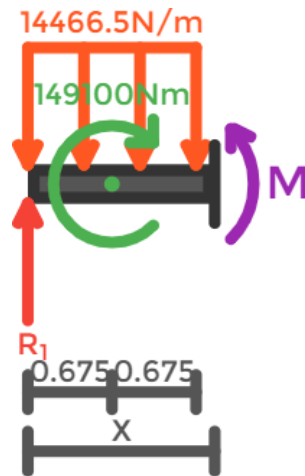
Donde  $Z_1(x-X_c)$  representa el momento equivalente causado por la distribución de cargas aplicada hasta la posición  $X$ , y no la carga completa, calculada como:

Carga 1, rectangular:  $Z_1(x-X_c) = w/2 (x - X_i)^2 = 7233,25X^2 - 0x - 0$

Sustituyendo los valores numéricos, se encuentra:

$$M(x) = -7233,25X^2 + 25459.85 x + 149100$$

### Sección 3 ( $1.35 \leq x \leq 1.65$ )



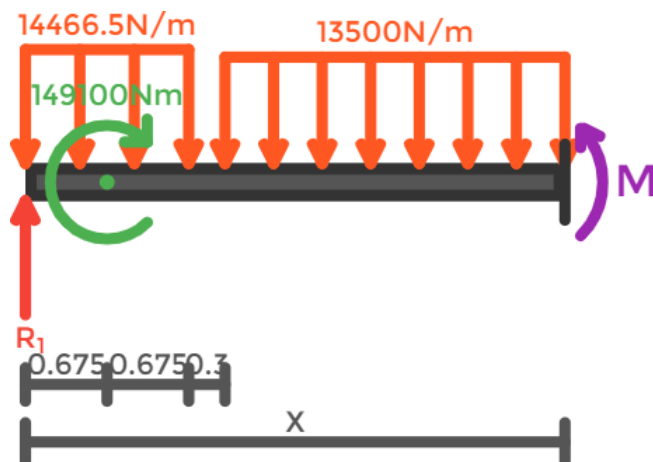
$$Z_1(x-X_c) + M_3 - R_1(x-X_a) + M(x) = 0$$

Sustituyendo los valores numéricos, se encuentra:

$$M(x) = 5930.07 x + 162282.6$$

#### Sección 4 ( $1.65 \leq x \leq 7.27$ )

Resolviendo el balance de momentos en el tramo:



$$Z_1(x-X_c) + Z_{2x}(x-X_d) + M_3 - R_1(x-X_a) + M(x) = 0$$

Donde  $Z_{2x}(x-X_n)$  representa el momento equivalente causado por la distribución de cargas aplicada hasta la posición  $X$ , y no la carga completa, calculada como:

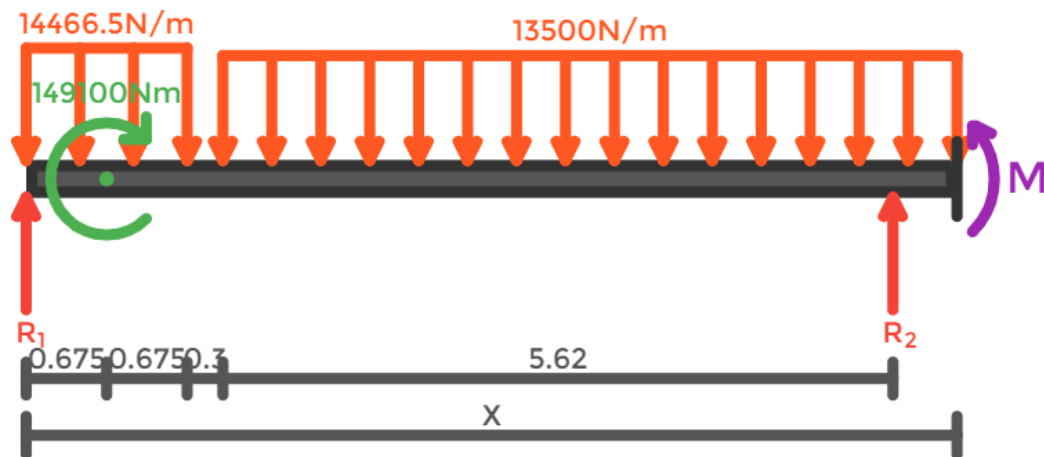
Carga 2, rectangular:  $Z_2(x-X_d) = w/2 (x -X_i)^2 = 6750X^2 - 22275x + 18376.88$

Sustituyendo los valores numéricos, se encuentra:

$$M(x) = -6750X^2 + 28205.07x + 143905.72$$

### Sección 5 ( $7.27 \leq x \leq 8.345$ )

Resolviendo el balance de momentos en el tramo:



$$Z_1(x-X_c) + Z_2(x-X_d) + M_3 - R_1(x-X_a) - R_2(x-X_b) + M(x) = 0$$

Donde  $Z_{2x}(x-X)$  representa el momento equivalente causado por la distribución de cargas aplicada hasta la posición  $X$ , y no la carga completa, calculada como:

Carga 2, rectangular:  $Z_2(x-X_b) = w/2 (x -X_i)^2 = 6750X^2 - 22275x + 18376.88$

Sustituyendo los valores numéricos, se encuentra:

$$M(x) = -6750X^2 + 112657.5x - 470063.42$$

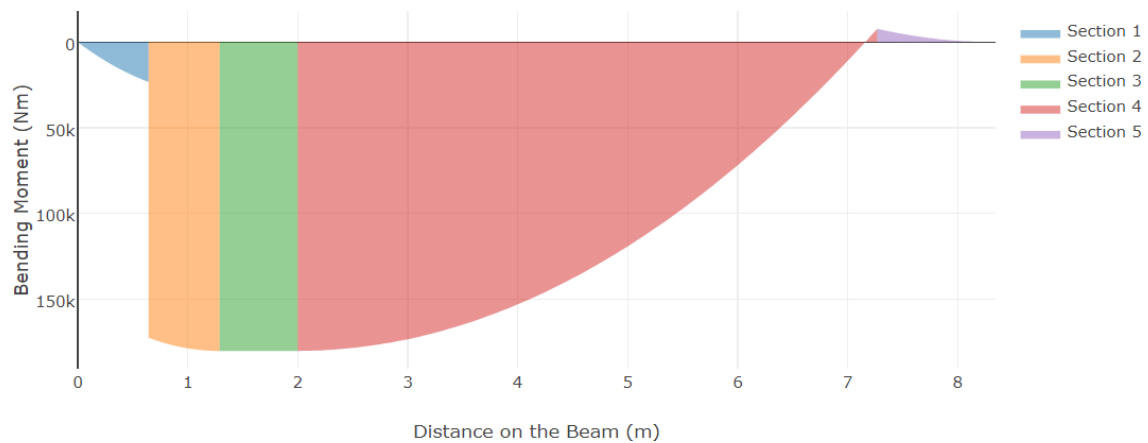


Figura N° 33: Diagrama de momento flector

#### 4.3.2.1 Cálculo el momento máximo

Para encontrar el momento máximo se busca en el grafico que la fuerza cortante sea igual a 0, ello corresponde a la ecuación de la sección 04.

$$0 = -13500x + 28205.07$$

Por tanto, la fuerza cortante es igual a 0 cuando  $x = 2.1 \text{ m}$

Reemplazando en la ecuación momentos, se encuentra que el momento máximo en el punto 2.1 m es:

$$M(x) = 173368.87 \text{ Nm}$$

$M_d$  is equal to zero on the crane hook and is at its maximum value on the column axis. The stress on the crane due to  $M_d$  is transferred irregularly through the base to the individual side members of the vehicle chassis,  $M_{def}$ , with the maximum value near the crane base, and a linear decrease to zero at the height of the rear support which can be the additional outriggers or truck suspension system.

#### Moments acting on the side members

Column side:  $M_{def}$

Non-column side:  $M_{def} = M_d / 2$

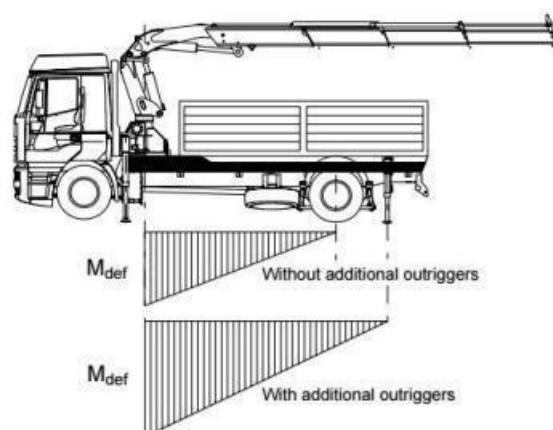


Figura N° 34: Diagrama de momento flector según Palfinger.

### 4.3.3 Momentos actuantes en chasis y bastidor

De acuerdo los puntos de aplicación de esfuerzos sobre el chasis del vehículo, se encuentra 02 tipos de momentos que actúan sobre el chasis. Por ello de acuerdo a los requisitos de la norma UNE-EN 12999 y conforme a las características de la grúa, se tiene la siguiente información obtenida su ficha de datos técnicos y de mediciones realizadas al mismo equipo.

- **Momento dinámico efectivo  $M_{def}$**

Momento generado por la acción de fuerzas que se aplican sobre el eje horizontal del vehículo el centro de giro de la grúa

- **Momento de carga máximo  $M_d$**

Momento carga máximo de acuerdo a las cargas que actúan sobre la estructura.

### 4.3.4 Factor de excentricidad

$\beta$  representa un factor de excentricidad propia de la grúa debido al diseño que presentan algunas grúas cuyo centro de gravedad o centro de giro no coincide con el eje horizontal del vehículo. Para las grúas articuladas este factor se encuentra entre  $0.5 \leq \beta$ , dicho valor puede ser proporcionado por el fabricante o también puede ser obtenido mediante calculo como se muestra a continuación:

$$\beta = 1 + \frac{e_{col}}{t} \quad \frac{1}{2} \leq \beta$$

$e_{col}$  es la distancia entre el eje horizontal del vehículo y el centro de giro de la grúa.

$t$  representa la distancia entre el eje horizontal del vehículo y el eje longitudinal del chasis.

En la figura N° 35 mostrada a continuación, se muestra la excentricidad de la grúa.

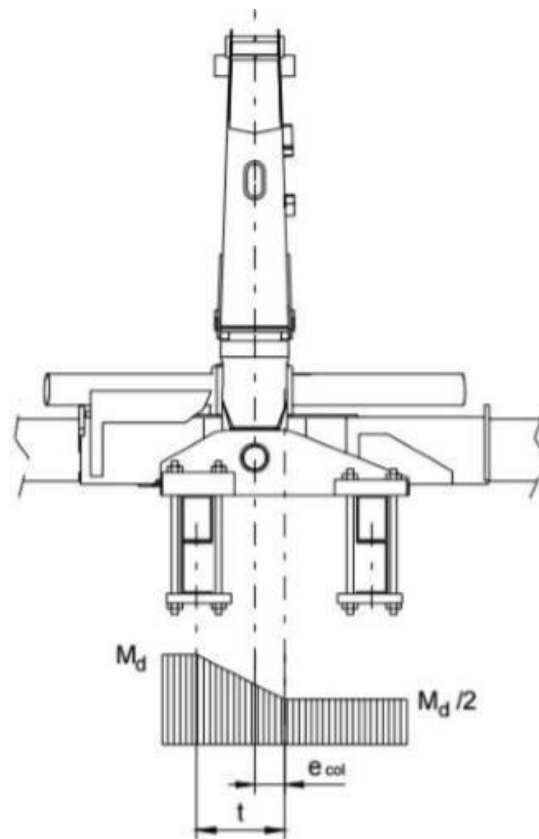


Figura N° 35: Factor de excentricidad en grúa Palfinger

$$e_{col} = 100 \text{ mm} \quad \dots\dots\dots t = 398.5 \text{ mm}$$

$$\beta = 1 + \frac{100}{398.5} \quad \dots\dots\dots \beta = 1.25$$

Símbolos:	
$M_{dyn}$	es el momento dinámico máximo;
$\beta$	es el factor de distribución ;
$M_e$	es el momento supuesto para los cálculos $M_e = \beta \times M_{dyn}$ ;
$M$	es el momento de la carga actuando sobre el chasis o el falso-chasis;
$I$	es el momento de inercia del chasis o del falso chasis;
$W$	es el módulo resistente de la sección del chasis o del falso chasis;
$\sigma$	es la fatiga de flexión;
$\sigma_a$	es la fatiga admisible del material.

De acuerdo a los requisitos de la norma UNE 12999 ( $M_d = M_{dyn}$ )

$$M_e = \beta \times M_{dyn}$$

$$M_e = 1.25 \times 173368.87$$

$$M_e = 216711.09 \text{ Nm}$$

#### 4.3.5 Cálculo de momento de inercia

En la figura mostrada a continuación detalla las dimensiones del diseño.

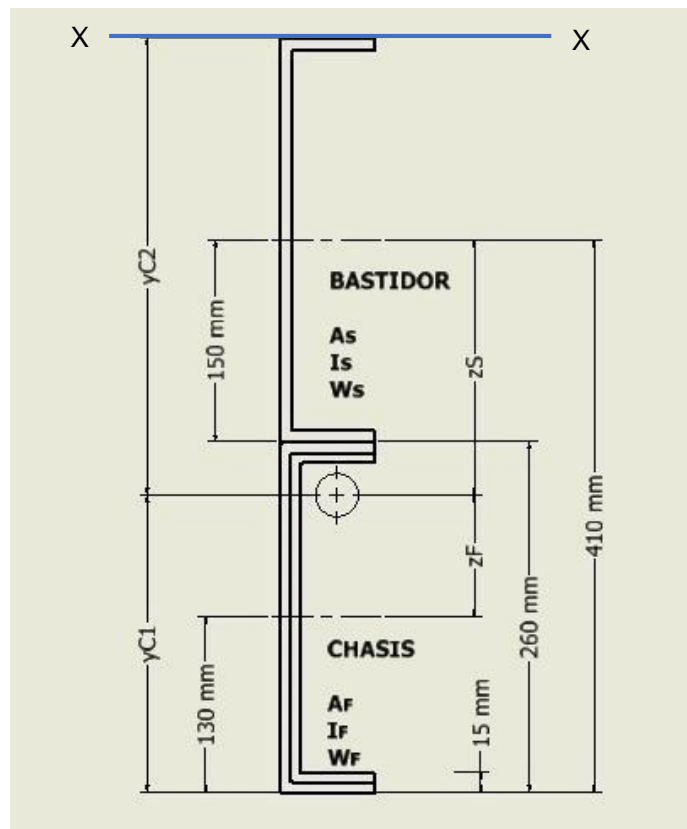


Figura N° 36: Dimensiones del perfil combinado

Para el cálculo de momento de resistencia y el momento de inercia se utiliza el teorema de Steiner a fin de encontrar el Centroide.

Se determina el eje neutro calculando los momentos estáticos de cada sección por separado mediante la fórmula  $ME = \sum dA \cdot y$

- Momento estático área 1:  $ME1 = 70 \times 15 \times (300+260-(15/2)) = 580125 \text{ mm}^3$
- Momento estático área 2:  $ME2 = 15 \times 230 \times ((260/2) + 300) = 1483500 \text{ mm}^3$
- Momento estático área 3:  $ME3 = 70 \times 15 \times (300+(15/2)) = 322875 \text{ mm}^3$
- Momento estático área 4:  $ME4 = 70 \times 9 \times (300-(9/2)) = 186165 \text{ mm}^3$
- Momento estático área 5:  $ME5 = 9 \times 282 \times (300/2) = 380700 \text{ mm}^3$
- Momento estático área 6:  $ME6 = 70 \times 9 \times (9/2) = 2835 \text{ mm}^3$

El momento estático total del perfil reforzado equivale a la sumatoria de todos los momentos estáticos  $M_{ET} = 2956200 \text{ mm}^3$

Cálculo las áreas correspondientes de la sección.

- Superficie del área 1:  $A1 = 70 \times 15 = 1050 \text{ mm}^2$
- Superficie del área 2:  $A2 = 15 \cdot 230 = 3450 \text{ mm}^2$
- Superficie del área 3:  $A3 = 70 \cdot 15 = 1050 \text{ mm}^2$
- Superficie del área 4:  $A4 = 70 \cdot 9 = 630 \text{ mm}^2$
- Superficie del área 5:  $A5 = 9 \cdot 282 = 2538 \text{ mm}^2$
- Superficie del área 6:  $A6 = 70 \cdot 9 = 630 \text{ mm}^2$

El área total de la sección es la sumatoria de todas las áreas  $A_T = 9348 \text{ mm}^2$

Se determina la distancia del eje neutro de la sección al eje de referencia  $x'-x'$

$$y_{C2} = \frac{M_{ET}}{A_T} \dots\dots\dots = \frac{2956200 \text{ mm}^3}{9348 \text{ mm}^2}$$

$$y_{C2} = 316.24 \text{ mm}$$

Se busca la otra distancia del eje neutro al eje contrario de  $x'-x'$

$$y_{C1} = 560.00 - 316.24$$

$$y_{C1} = 243.76 \text{ mm.}$$

Por lo tanto, la distancia más alejada del eje neutro hacia los extremos es:

$$y_{C2} = 316.24 \text{ mm}$$



Medidas necesarias para determinar momentos.

$$A_S = 3798 \text{ mm}^2$$

$$A_F = 5550 \text{ mm}^2$$

$$Y_C = \frac{5550 \text{ mm}^2 \times 130\text{mm} + 3798 \text{ mm}^2 (260\text{mm} + 150\text{mm})}{5550 \text{ mm}^2 + 3798 \text{ mm}^2}$$

$$Y_C = 243.76 \text{ mm}$$

$$Z_F = 243.76 \text{ mm} - 130\text{mm}$$

$$Z_F = 113.76 \text{ mm}$$

$$Z_S = 260\text{mm} + 150\text{mm} - 243.76 \text{ mm}$$

$$Z_S = 166.24 \text{ mm}$$

Para el cálculo del momento de inercia de la viga combinada debemos conocer el momento de inercia de cada viga, es decir el momento de inercia del chasis  $I_F$  y el momento de inercia del bastidor  $I_S$

$$I_x = \frac{B H^3}{12} - \frac{b h^3}{12}$$

**Cálculo del momento de inercia del bastidor**

$$I_S = \frac{70\text{mm}(300\text{mm})^3}{12} - \frac{61\text{mm}(282\text{mm})^3}{12}$$

$$I_S = 43502346 \text{ mm}^4$$

**Cálculo del momento de inercia del chasis**

$$I_F = \frac{70\text{mm}(260\text{mm})^3}{12} - \frac{55\text{mm}(230\text{mm})^3}{12}$$

$$I_F = 46761250 \text{ mm}^4$$

#### 4.3.6 Cálculo el momento de inercia de la sección combinada ( $I_C$ )

Se continúa con los cálculos, mediante los datos obtenidos se reemplaza en la fórmula de para el cálculo del momento de inercia de la viga combinada.

$$I_C = (I_F + A_F z_F^2) + (I_S + A_S z_S^2)$$

Reemplazar los valores hallados:

$$I_C = (46761250 \text{ mm}^4 + 5550 \text{ mm}^2 \times (113.76 \text{ mm})^2) + (43502346 \text{ mm}^4 + 3798 \text{ mm}^2 \times (166.24 \text{ mm})^2)$$

$$I_C = 267048551.1 \text{ mm}^4$$

#### 4.3.7 Módulo de resistencia en la sección combinada ( $W_C, W_t$ )

Donde:

$W_C$  = representa el módulo de resistencia del perfil con respecto a la distancia desde el eje neutro al extremo del bastidor (Compresión).

$W_t$  = representa el módulo de resistencia del perfil con respecto a la distancia desde el eje neutro al extremo del chasis (Tracción).

#### 4.3.8 Compresión

Calcular  $W_C$  tomando como referencia el punto más lejano  $y_{C2} = 316.24 \text{ mm}$

$$W_C = \frac{I_C}{e_C} \quad e_C = \max(y_{C1}, y_{C2})$$

Reemplazar los valores:

$$W_C = \frac{267048551.1 \text{ mm}^4}{316.24 \text{ mm}}$$

$$W_C = 844449 \text{ mm}^3$$

Con los datos obtenidos se calcula la tensión expuesta.

$$\sigma_1 = \frac{M_y}{W_t} \leq \sigma_a$$

$$\sigma_2 = \frac{216711.09 \text{ Nm}}{844449 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_2 = 256.6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = 256.6 \text{ MPa}$$

#### 4.3.9 Tracción

Se calcula  $W_t$  tomando como referencia el punto más lejano del chasis y

$$C_1 = 243.76 \text{ mm}$$

Se reemplaza los valores:

$$W_t = \frac{267048551.1 \text{ mm}^4}{243.76 \text{ mm}}$$

$$W_t = 1095538.85 \text{ mm}^3$$

Con los datos obtenidos se calcula la tensión expuesta.

$$\sigma_2 = \frac{M_y}{W_t} \leq \sigma_a$$

$$\sigma_1 = \frac{216711.09 \text{ Nm}}{1095538.85 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_1 = 197.8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_1 = 197.8 \text{ Mpa}$$

#### 4.3.10 Análisis de esfuerzo de torsión

Se analiza la torsión expuesta del bastidor

$$f = \frac{Lc^3}{3tEJ_{Lc}} \times Md$$

Donde:

E: Modulo de elasticidad a la tracción del acero (206000 Mpa)

L<sub>c</sub> : Longitud libre del bastidor auxiliar (distancia del eje de columna al eje posterior)

J<sub>LC</sub>: Momento de inercia de la sección combinada

M<sub>d</sub>: Máximo momento dinámico de la grúa

t : Distancia entre centros de longitudinales

$$f = \frac{(3844mm)^3}{3(500mm)(206000MPa)(267048551 \text{ mm}^4)} \times 298.3 \text{ kNm}$$

$$f = 95 \text{ mm}$$

Tabla N° 7: Deformación en torsión

f (mm)	EVALUACION DE LA DEFORMACION
f < 200	Deformación torsional pequeña. No es necesario la rigidez torsional
200 ≤ f < 400	Deformación torsional mediana - baja. No es necesario la rigidez torsional (Comprobar la torsión durante la prueba de estabilidad)
400 ≤ f < 1000	Deformación torsional mediana - alta. Comprobar la torsión con un instrumento más preciso
f ≥ 1000	Deformación torsional alta. Considere seriamente la rigidez torsional

Fuente : Amco Veba Installations

#### 4.3.11 Estabilidad de la grúa

La estabilidad de la grúa es un cálculo definido por la empresa responsable de realizar la instalación de la grúa sobre el camión. Lo que se logra con un diseño e instalación con un factor de estabilidad “n” correcto es que los esfuerzos de torsión expuestos se desprecien manteniendo el sistema en equilibrio gracias a los estabilizadores, para ello la empresa evalúa factores importantes como:

- Diseño del bastidor auxiliar
- Carga de la grúa
- Posición del brazo articulado en las zonas de trabajo

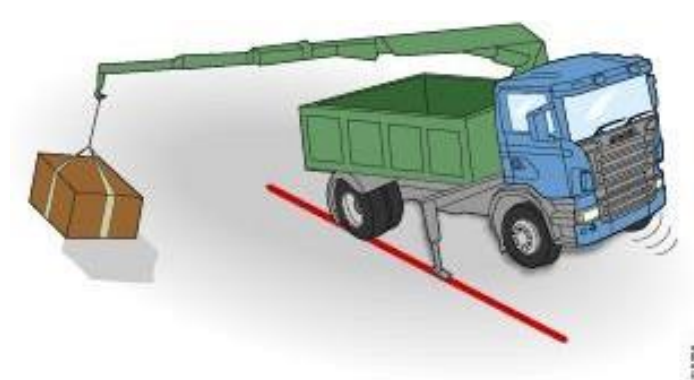


Figura N° 37: Estabilidad de la grúa

El factor de estabilidad se puede obtener con la siguiente formula, evaluando los factores mencionados se busca un factor que se igual o mayor a 1.4 (Estabilidad y estabilidad antivuelco durante el basculamiento - Scania CV AB 2013, Sweden).

Se recomienda realizar una prueba de estabilidad posterior al cálculo realizado.

$$\frac{M1 \cdot D + G1 \cdot A + M2 \cdot C + G2 \cdot E + G4 \cdot F}{P \cdot B} = n$$

G1 = Peso total de las vigas de prolongación con las dos patas de apoyo, accesorios de montaje y aceite

G2 = Peso de la grúa sin patas de apoyo

G4 = Peso de las patas de apoyo adicionales

P = Máxima capacidad de elevación de la grúa a la longitud máxima del brazo

M1 = Peso del vehículo sin carga sobre el eje delantero

M2 = Peso del vehículo sin carga sobre el eje trasero

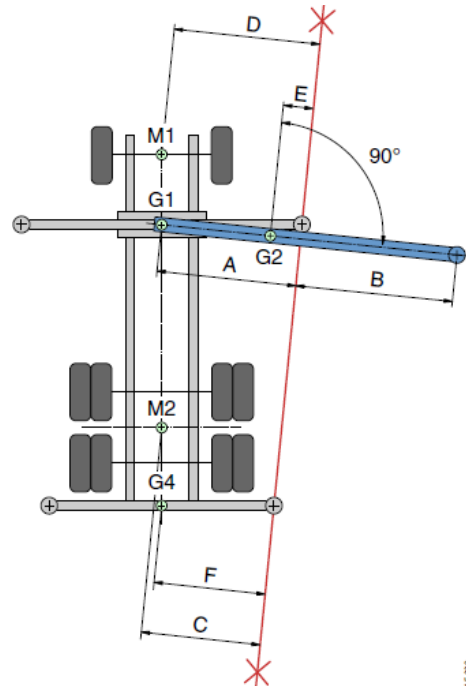


Figura N° 38: Esquema para cálculo de estabilidad

Para el presente caso, se procede a realizar el cálculo de estabilidad con la formula encontrada:

$$n = \frac{(4060 \times 3.3 + 2564 \times 3 + 4083 \times 2.65 + 2286 \times 1.5 + 380 \times 2.493)}{1800 \times 14}$$

$$n = 1.44$$

Con el valor obtenido de factor de estabilidad de 1.44 se puede concluir que la instalación es estable y mínima frente a los esfuerzos de torsión.

Nota: Como se mencionó anteriormente, es recomendable realizar pruebas de carga en campo para garantizar el cálculo.

#### 4.3.12 Analizando las características del material

De acuerdo a la ficha técnica del material utilizado acero estructural A36 se tiene lo siguiente:

<b>Normas involucradas:</b>	ASTM A 36/A 36M - 04
<b>Propiedades mecánicas:</b>	Esfuerzo a la fluencia mínimo: 250 MPa (36300 PSI) Esfuerzo a la tensión: 400 – 550 MPa (58000 – 79800 PSI) Elongación mínima en 50 mm (2"): 23% Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)

Figura N° 39: Características del material A36

Una vez obtenido las tensiones expuestas en tensión y compresión, se compara los valores con el esfuerzo a la tensión del material utilizado en el diseño.

De la tabla propiedades del Acero A36. Su valor  $\sigma_a = 400\text{MPa}$

$$\sigma_1 = 197.8 \text{ MPa} \leq \sigma_a = 400 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = 256.6 \text{ MPa} \leq \sigma_a = 400 \text{ MPa}$$

#### 4.4 Factor de seguridad

Es requisito de la norma internacional UNE–EN 12999 que el esfuerzo sometido sea menor o igual que esfuerzo admisible del material. En este caso se analiza el punto expuesto a mayor tensión, encontrando un factor igual a:

$$F_s = \frac{400}{256.6}$$

$$F_s = 1,8$$

#### FIJACION DEL BASTIDOR AUXILIAR AL CHASIS

El bastidor auxiliar diseñado va fijado al chasis del vehículo mediante el uso de placas laterales delanteras y posteriores de distintas magnitudes que as su vez mediante

cordones de soldadura y uniones empernadas fijan correctamente el bastidor auxiliar al chasis. Las placas delanteras de longitud mayor denominadas chaquetas son fijados con la ayuda de 25 pernos M12 por cada lado. La figura mostrada a continuación detalla la fijación delantera del bastidor auxiliar al chasis.



Figura N° 40: Fijación del bastidor mediante chaquetas

La fijación de la parte posterior del bastidor es mediante unas placas de 300 x 350 mm. estas placas van fijadas por pernos M12 que se fijan al chasis del vehículo y con la ayuda de cordones de soldadura fijan al bastidor auxiliar tal como lo muestra la figura mostrada a continuación.

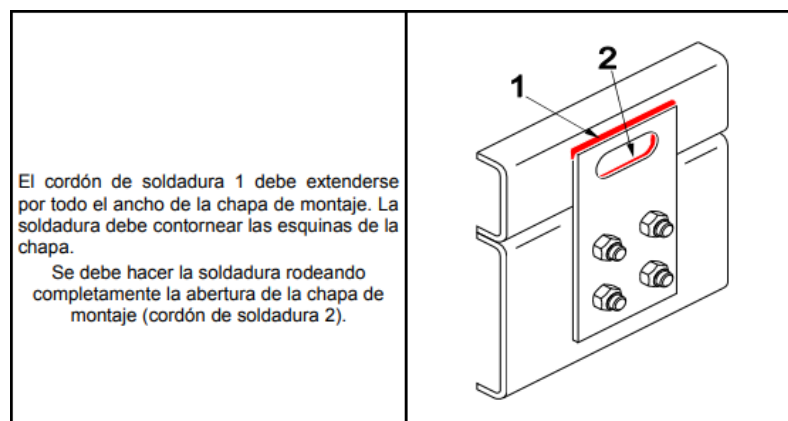


Figura N° 41: Fijación de bastidor mediante placas



#### 4.4.1 Pernos de fijación al chasis

Para este diseño se utiliza tornillos M12 de alta resistencia grado 8.8 y de acuerdo a su ubicación se encuentra que dichos tornillos están sometidos a esfuerzos cortantes, a cuales se analiza su resistencia mediante la siguiente formula ( $F_{t,Rd}$ ):

$$F_{t,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{Mb}}$$

Donde:

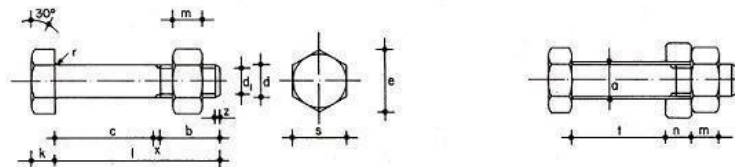
$A_s$ : Área resistente al corte

$f_{ub}$ : Tensión ultima a la tracción del tornillo (Figura 41)

$\gamma_{Mb}$ : coeficiente parcial de seguridad = 1.25

En la tabla N° 08 mostrada a continuación se muestra el área resistente para un tornillo M12 utilizado en el diseño.

Tabla N° 08: Dimensiones geométricas de tornillos resistentes



Tornillo tipo	Vástago					Cabeza				Diámetro del agujero a mm	Área neta del núcleo An cm²	Área resistente Ar cm²
	Diámetro de la caña d mm	Diámetro interior d1 mm	Longitud roscada b mm	Longitud de la salida x mm	Longitud del chaflán z mm	Espeor k mm	Medida entre caras s mm	Medida entre aristas e mm	Radio del acuerdo r mm			
T 10	10	8.160	17.5	2.5	1.7	7	17	19.6	0.5	11	0.523	0.580
T 12	12	9.853	19.5	2.5	2.0	8	19	21.9	1.0	13	0.762	0.843
T 16	16	13.546	23.0	3.0	2.5	10	24	27.7	1.0	17	1.440	1.570
T 20	20	16.933	25.0	4.0	3.0	13	30	34.6	1.0	21	2.250	2.750
(T 22)	22	18.933	28.0	4.0	3.3	14	32	36.9	1.0	23	2.820	3.030
T 24	24	20.319	29.5	4.5	4.0	15	36	41.6	1.0	25	3.240	3.530
(T 27)	27	23.319	32.5	4.5	4.0	17	41	47.3	1.0	28	4.270	4.560
T 30	30	25.706	35.0	5.0	5.0	19	46	53.1	1.0	31	5.190	5.610
(T 33)	33	28.706	38.0	5.0	5.0	21	50	57.7	1.0	34	6.470	6.940
T 36	36	31.093	40.0	6.0	6.0	23	55	63.5	1.0	37	7.590	8.170

Se recomienda no utilizar los tornillos cuyo tipo figura entre paréntesis.

Fuente: Ingeniería mecánica/tutorial semanal 31

Valores nominales del límite elástico $f_{yb}$ y de la resistencia a tracción última $f_{ub}$ de tornillos							
Tipo de tornillo	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
$f_{yb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	240	320	300	400	480	640	900
$f_{ub}$ (N/mm <sup>2</sup> )	400	400	500	500	600	800	1000

Figura N° 41: Tensión ultima a la tracción de tornillos

$$F_{t,Rd} = \frac{0,6 \times 800 \times 84.3 \times (25 \text{ und})}{1.25}$$

$$F_{t,Rd} = 809.28 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{809.28 \text{ kN}}{157 \text{ mm}^2 \times (25)}$$

$$F_{t,Rd} = 384 \text{ N/mm}^2 \text{ es la fuerza resistente al corte por el tornillo M12.}$$

Se sabe que la tensión expuesta por la viga a compresión es:

- 256.6 MPa equivalente a 256.6 N/mm<sup>2</sup>

Por tanto, la resistencia del tornillo M12 es mayor a la tensión expuesta.

$$384 \text{ N/mm}^2 > 256.6 \text{ N/mm}^2$$

Grado ..... 8.8

Tensión de rotura.....800 MPa

Diámetro... ..... 12 mm.

Paso de rosca..... 1.75 mm.

Numero de pernos usados en las chaquetas ..... 25 und

Numero de pernos usados en las placas ..... 18 und.

#### 4.4.2 Uniones por soldadura

Palfinger establece los procedimientos y las medidas de los cordones de soldadura de acuerdo a lo indicado en la norma EN22553, en base a ello con la variedad de posiciones de soldadura existentes para el diseño de bastidor y deseando obtener un buen acabado del cordón de soldadura se utiliza el proceso de soldadura GMAW con un material de aporte hilo de 1 mm.

En el siguiente cuadro se observa las indicaciones según fabrica Palfinger para un correcto dimensionamiento del cordón de soldadura en la estructura.

##### Anchura del cordón de soldadura

Anchura de la chapa (mm).	Anchura del cordón ( $a_{min}$ ).
3 – 12	$a = t_{min}$
15 – 30	$a = 0.8 \times t_{min}$

$t_{min}$  = ancho de la placa más delgada a soldar

La plancha de acero que se utilizará en éste diseño será 9 mm de anchura,

$t_{min} = a = 9\text{mm}$ .

##### Longitud del cateto de soldadura

La longitud del cateto viene dada de acuerdo a la siguiente formula:

$$z = \frac{a}{\sqrt{2}}; (z = 0.7 * a)$$

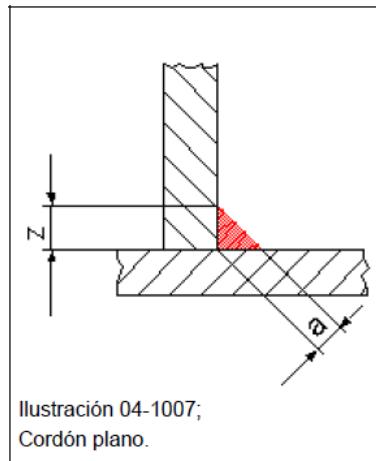


Figura N° 42: Dimensión de soldadura

$$z = \frac{a}{9}$$

$$z = 6.4 \text{ mm}$$

La longitud del cateto de la soldadura que debe poseer el diseño debe ser igual a 6.4 mm.

- En la siguiente figura se observa la estructura del bastidor diseñado



Figura N° 43 : Estructura Bastidor para instalación de grúa PK 32080

#### 4.6 Recursos humanos y equipamiento

Para poder elaborar una estructura metálica como bastidor que sirva como refuerzo y que garantice su resistencia cuando sea sometida a los esfuerzos a los cuales estará expuesto se debe utilizar como recursos fundamentales: la mano de obra encargada de la elaboración del bastidor, los materiales o la materia prima del cual estará constituido el bastidor y los equipos de taller o máquinas de corte y soldadura para la elaboración de la estructura.

##### Mano de obra

Para elaborar la estructura se considera el uso de la mano de obra detallada a continuación.

Tabla N° 9: Horas/hombre asignado para el diseño

PERSONAL	TIEMPO (h)
Supervisor de montaje	24
Soldador senior	24
Ayudante armador 1	24
Ayudante armador 2	24

Fuente: elaboración propia

##### Materiales

En la elaboración de la estructura se utilizó los siguientes materiales mostrados en la siguiente tabla:

Tabla N° 10: Materiales para diseño de Bastidor

MATERIAL	CANT.	UND.
Canal U (E.Esp) A-36 MED.EXTER. 9.0x70x300x70x6000mm	2	Und.
Canal U (E.Esp) A-36 MED.EXTER. 9.0x70x300x70x2500mm	2	Und.
Canal U (E.Esp) A-36 MED.EXTER. 9.0x70x282x70x849mm	6	Und.
Elemento Esp. A-36 9.0 x 300 x 420mm	6	Und.

Elemento Esp. A-36 9.0 x 266 x 2000mm	1	Und.
Angulo L A-36 MED.EXTER. 9.0x79 x509x 2000mm	2	Und.
Platina A36 (6.0mts) 2.1/2" x 3/8"	1	Und.
Soldadura	1	Kg.
Gas Mezcla	5	m <sup>3</sup>
Oxigeno	5	m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

## Equipos

Los equipos a utilizar para actividades de corte soldadura y rectificado en la elaboración de bastidor serán los siguientes:

- Máquina de corte plasma ESAB CUTMASTER 80.
- Máquina de soldar ESAB WARRIOR 350i
- Taladro magnético METALKRAFT MB754
- Compresora neumática CAMBELL HAUSFELD CE800300AJ
- Amoladora manual



Figura N° 44: Máquina de corte plasma ESAB



Figura N° 45: Maquina de soldar ESAB



Figura N° 46: Taladro magnético METALKRAFT



Figura N° 47: Compresora neumática CAMPBELL

#### 4.7 Costo de la implementación

Considerando el jornal diario de 8 horas, se evalúa el costo de la mano de obra utilizada en la instalación de la grúa articulada, para ello en el siguiente cuadro Tabla N° 11 se muestra el costo de la mano de obra en la situación inicial o actual, esto servirá como punto de partida para posteriormente comparar con el costo implementando la mejora o diseño de bastidor para optimizar los recursos.

Tabla N° 11: Costo actual de mano de obra en la instalación de la grúa

Personal	Diario S/	Elaboración S/	Montaje S/	Instalación S/	Control de calidad y reprocesos	
					Días	Costo S/
Supervisor	100.00	300.00	200.00	-	2	200.00
Soldador	83.33	250.00	83.33	-	2	166.67
Ayudante	60.00	180.00	120.00	120.00	2	120.00
Ayudante	60.00	180.00	120.00	120.00	-	-
Hidráulico	66.67	-	-	133.33	2	66.67
Eléctrico	66.67	-	-	133.33	-	-
Gastos administ.		200.00	200.00	200.00	2	300.00
SUB TOTALES		S/ 1,110.00	S/ 723.33	S/ 706.67	S/ 853.34	
<b>TOTAL</b>					<b>S/</b>	<b>3,393.33</b>

Fuente: Elaboración propia

Para la implementación del presente proyecto se debe realizar algunas implementación y actividades, cuyos costos se muestran en la siguiente Tabla N° 12.

Tabla N° 12: Costo para la implementación del proyecto

Ítem	Descripción	Costo (S/)
1	Elaboración de planos	1,500.00
2	Papelería de oficina	120.00
3	costos de consultoría para elaborar el diseño	2,500.00
Total		<b>S/ 4,120.00</b>

Fuente: Elaboración propia



## 4.8 Análisis económico y financiero

El análisis económico y financiero presente corresponde a una comparación de los costos operativos vigentes y los obtenidos con la mejora implementada evaluados en el proceso de montaje o instalación de grúas articuladas modelo PK32080.

### 4.8.1 Análisis económico con la mejora propuesta

Con la implementación del proyecto se logra minimizar los gastos operativos generados en el montaje de la grúa articulada PK32080. Con respecto a la mano de obra, se actualiza la tabla N° 13 indicando la reducción del gasto generado principalmente por reprocesos inicialmente.

Tabla N° 13: Costo de mano de obra en la instalación de la grúa con la mejora

Personal	Diario S/	Elaboración S/	Montaje S/	Instalación S/	Control Calidad		Costo subtotal S/
					Días	Costo S/	
Supervisor	100.00	300.00	200.00	-	1	100.00	600.00
Soldador	83.33	250.00	83.33	-	1	83.33	416.66
Ayudante	60.00	180.00	120.00	120.00	1	60.00	480.00
Ayudante	60.00	180.00	120.00	120.00	-	-	420.00
Hidráulico	66.67	-	-	133.33	1	66.67	200.00
Eléctrico	66.67	-	-	133.33	-	-	133.33
Gastos administ.				300.00	1	200.00	500.00
TOTAL							S/ 2,749.00

Del mismo modo se reduce el consumo de algunos materiales utilizados para la elaboración del bastidor y posterior montaje de la grúa.

En la tabla mostrada a continuación se muestra la reducción de los materiales a utilizar en este proyecto de diseño de bastidor.

Tabla N° 14: Costo de materiales con la mejora

MATERIAL	UND.	PRECIO UND (S/)	PRECIO S/
Canal U (E.Esp) A-36 MED.EXTER. 9.0x70x300x70x6000mm	2	750.00	1,500.0
Canal U (E.Esp) A-36 MED.EXTER. 9.0x70x300x70x2500mm	2	380.00	760.00
Canal U (E.Esp) A-36 MED.EXTER. 9.0x70x282x70x849mm	6	125.00	750.00
Elemento Esp. A-36 9.0 x 300 x 420mm	6	35.00	210.00
Elemento Esp. A-36 9.0 x 266 x 2000mm	1	150.00	150.00
Angulo L A-36 MED.EXTER. 9.0x79 x509x 2000mm	2	385.00	770.00
Platina A36 (3.0mts) 2.1/2" x 5/16"	1	50.00	50.00
Soldadura	1	10.00	10.00
Gas Mezcla	4	40.00	160.00
Oxígeno	4	70.00	280.00
Soldadura 1 mm (rollo)	1	140.00	140.00
Insumos eléctricos e hidráulicos	1	5,955.00	5955.00
<b>total:</b>			<b>S/ 10,735.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Con los costos totales de mano de obra y materiales se define el gasto total derivado del montaje e instalación de la grúa modelo PK 32080 sobre el camión:

Tabla N° 15: Costo operativo con la mejora

Descripción	COSTO S/
Mano de obra	2,749.00
Materiales	10,735.00
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 13,484.00</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.8.2 Análisis económico en la situación inicial

A continuación, se presenta en la siguiente tabla los gastos operativos generados en la instalación de una grúa modelo PK 32080, se detalla el costo generado por reprocesos durante la instalación de la grúa articulada, reprocesos por deficiencias en la elaboración de la estructura bastidor.

Tabla N° 16: Costo actual de mano de obra en la instalación de la grúa

Personal	Diario S/	Elaboración S/	Montaje S/	Instalación S/	Control Calidad y reprocesos		Costo subtotal S/
					Días	Costo S/	
Supervisor	100.00	300.00	200.00	-	2	200.00	700.00
Soldador	83.33	250.00	83.33	-	2	166.67	500.00
Ayudante	60.00	180.00	120.00	120.00	2	120.00	540.00
Ayudante	60.00	180.00	120.00	120.00	-	-	420.00
Hidráulico	66.67	-	-	133.33	2	133.33	266.66
Eléctrico	66.67	-	-	133.33	-	-	133.33
Gastos administ.				300.00	2	300.00	600.00
TOTAL							S/ 3,160.00

Fuente: Elaboración propia

Posterior a lo encontrado, en la siguiente Tabla N° 17 se calcula los costos de insumos o materiales utilizados en el montaje de la grúa sobre el camión.

Tabla N° 17: Costo inicial de materiales para instalación de la grúa

MATERIAL	CANT.	PRECIO UND (S/)	PRECIO S/
Canal U (E.Esp) A-36 MED.EXTER. 9.0x70x300x70x6000mm	2	750.00	1,500.00
Canal U (E.Esp) A-36 MED.EXTER. 9.0x70x300x70x2500mm	2	380.00	760.00
Canal U (E.Esp) A-36 MED.EXTER. 9.0x70x282x70x849mm	6	125.00	750.00
Elemento Esp. A-36 9.0 x 300 x 420mm	6	35.00	210.00
Elemento Esp. A-36 9.0 x 266 x 2000mm	1	150.00	150.00
Angulo L A-36 MED.EXTER. 9.0x79 x509x 2000mm	2	385.00	770.00
Platina A36 (6.0mts) 2.1/2" x 3/8"	1	105.00	105.00
Soldadura	1	10.00	10.00
Gas Mezcla	5	40.00	200.00
Oxigeno	5	70.00	350.00
Soldadura 1 mm	1	140.00	140.00
Insumos eléctricos e hidráulicos	1	5,955.00	5955.00
<b>total:</b>			<b>S/ 10,900.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Con los costos totales de mano de obra y materiales se define el gasto total derivado del montaje e instalación de a grúa modelo PK 32080 sobre el camión:

Tabla N° 18: Costo operativo inicial, antes de la mejora

Descripción	COSTO S/
Mano de obra	3,160.00
Materiales	10,900.00
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 14,060.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 19: Rentabilidad de la inversión

Rentabilidad de la inversión	
Costo operativo situación inicial (S/.)	14,060.00
Costo operativo con la mejora (S/.)	13,484.00
Porcentaje reducido %	4.4%
Rentabilidad de la inversión (S/.)	S/ 576.00

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla anterior N° 19 se muestra que el monto disminuido es equivalente a S/ 576.00 soles para el montaje e instalación en una grúa PK 32080, así, para las instalaciones de este modelo de grúa con una cantidad promedio de 10 grúas anuales se obtiene un ahorro anual de S/ 5760.00 soles

En la siguiente Tabla se presenta mediante un gráfico el análisis económico del proyecto, considerando la inversión inicial de S/ 4,120.00 se evalúa en un periodo de 2 años, tiempo que dura la garantía estructural ofrecida a los clientes. En esta evaluación se observa que el VAN es positivo indicando que el proyecto es viable.

Tabla N° 20: Análisis económico financiero.

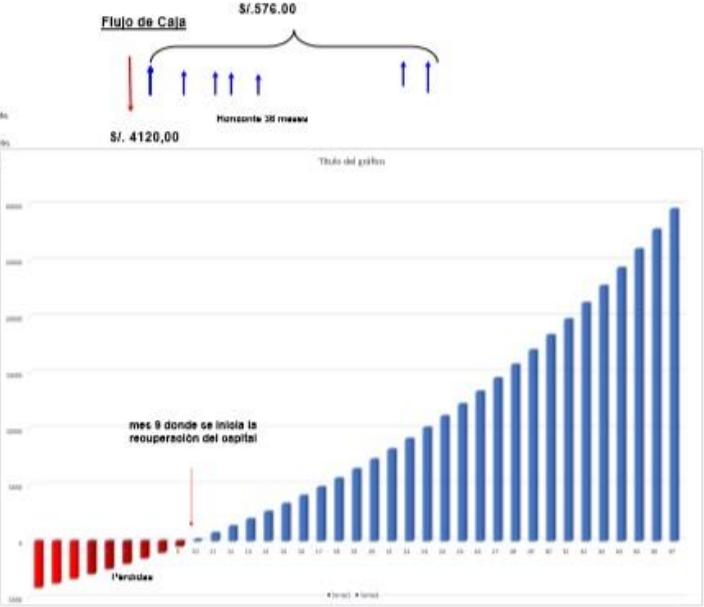
ANÁLISIS RENTABILIDAD PROYECTO - DISEÑO DE BASTIDOR PARA MEJORAR COSTOS OPERATIVOS

FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO (EN MILLES \$.)

MESES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
SINÉTICOS MENSUALES		500.00	519.00	538.00	557.00	576.00	595.00	614.00	633.00	652.00	671.00	690.00	709.00	728.00	747.00	766.00	785.00	804.00	823.00	842.00	861.00	880.00	899.00	918.00	937.00	956.00	975.00	994.00	1013.00	1032.00	1051.00	1070.00	1089.00	1108.00	1127.00	1146.00	
Inventarios	5100																																				
FLUJO DE CAJA	-5100	276.00	519.00	538.00	557.00	576.00	595.00	614.00	633.00	652.00	671.00	690.00	709.00	728.00	747.00	766.00	785.00	804.00	823.00	842.00	861.00	880.00	899.00	918.00	937.00	956.00	975.00	994.00	1013.00	1032.00	1051.00	1070.00	1089.00	1108.00	1127.00	1146.00	
FLUJO ACUMULADO	-5100	-2339.00	-1321.00	-804.00	-418.00	-182.00	114.00	347.00	580.00	813.00	1046.00	1279.00	1512.00	1745.00	1978.00	2211.00	2444.00	2677.00	2910.00	3143.00	3376.00	3609.00	3842.00	4075.00	4308.00	4541.00	4774.00	5007.00	5240.00	5473.00	5706.00	5939.00	6172.00	6405.00	6638.00	6871.00	7104.00

PRINCIPALES INDICADORES ECONÓMICOS	
VALOR PRESENTE BENEFICIOS	50,17%
VALOR PRESENTE COSTOS	1,30%
VALOR PRESENTE NETO TOTAL	5,9%
PERÍODO COSTO	2,35
COSTO OPORTUNIDAD (TASA)	0,05%
PLAZA DE RECUPERACIÓN (TIR)	13,85%
PERÍODO DE RECUPERACIÓN (meses)	6,9

- El Valor presente neto (VAN y/o VPN) es \$1.576 mil dólares. Lo que indica que el Proyecto es rentable.
- El Indicador Beneficio / Costo = 2,32 es mayor que 1 lo que representa también la viabilidad del proyecto.
- El TIR es 13,85% mayor que el costo de Oportunidad (ESTIMADO EN 4,5%) por tanto el proyecto es rentable.
- La recuperación de la inversión se produce a los 6,9 meses.



Tasa	VPN
0%	16,816
2%	16,582
4%	16,348
6%	16,114
8%	15,880
10%	15,646
12%	15,412
14%	15,178
16%	14,944
18%	14,710
20%	14,476
22%	14,242
24%	14,008
26%	13,774
28%	13,540
30%	13,306
32%	13,072
34%	12,838
36%	12,604
38%	12,370
40%	12,136
42%	11,902
44%	11,668
46%	11,434
48%	11,200
50%	10,966
52%	10,732
54%	10,498
56%	10,264
58%	10,030
60%	9,796
62%	9,562
64%	9,328
66%	9,094
68%	8,860
70%	8,626
72%	8,392
74%	8,158
76%	7,924
78%	7,690
80%	7,456
82%	7,222
84%	6,988
86%	6,754
88%	6,520
90%	6,286
92%	6,052
94%	5,818
96%	5,584
98%	5,350
100%	5,116

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 20 se presenta mediante un gráfico el análisis económico del proyecto, donde se obtiene que Valor presente actual (VAN y/o VPN) es S/. 5795 mil soles lo que indica que el Proyecto es rentable.

El indicador Beneficio / Costo = 2.32 es mayor que 1 lo que representa también la viabilidad del proyecto.

El TIR es 13.85% mayor que el costo de Oportunidad (ESTIMADO EN 4,5%) por tanto el proyecto es rentable y el periodo de retorno de la inversión será en 9 meses

## **CAPITULO 5**

### **ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS**

#### **5.1 Análisis descriptivo de la información relativa a las variables de estudio.**

A continuación, se detalla las variables involucradas en el trabajo de investigación.

- **Diseño de bastidor auxiliar**

El bastidor utilizado para el montaje de una grúa modelo PK 32080 sobre camiones carecía de un diseño justificado mediante cálculo que garantice la resistencia de la estructura combinada (chasis-bastidor) a soportar los distintos esfuerzos a los que era sometida la estructura.

Su elaboración era realizada sin el uso de planos isométricos que permitan mantener un diseño estándar de bastidor para el modelo de camión elegido (Volvo VM 330) y agilizar el proceso de su fabricación, por ello se debían de realizar correcciones de reforzamiento en la estructura de última instancia generando pérdidas en tiempo, mano de obra y materiales. Este proceso de elaboración en muchas ocasiones producía reprocesos en el control de calidad que a su vez generaban demoras en la entrega del producto final generando malestar para los clientes.

Mediante el uso del nuevo bastidor diseñado y fundamentado en cálculo estructural, se garantiza la resistencia de la estructura combinada (chasis-bastidor) del vehículo a no sufrir fracturas por las cargas sometidas, además de ello, su elaboración mediante los planos

isométricos facilitara el desarrollo de próximos bastidores acelerando el proceso de montaje e instalación de grúas articuladas sobre camión comercial.

- **Reducción de costos operativos**

Los costos del proceso de montaje se ven optimizados mediante la reducción del costo en horas hombre totales en la elaboración del bastidor auxiliar, reducción de costo de materiales o insumos y reducción en tiempo de control de calidad. Con el nuevo diseño se eliminan los reprocesos presentes en la etapa del montaje facilitando las actividades y mejorando el tiempo de entrega del producto.

Sobre el nuevo diseño de bastidor se analizaron todos los cálculos de inversión del proyecto, así como su periodo de recuperación y se obtuvo resultados que garantizan que la implementación del proyecto o diseño de bastidor auxiliar es rentable.



Figura N° 48: Reducción de costos

## **5.2 Análisis teórico de los datos y resultados obtenidos en relación con las bases teóricas de la investigación**

Considerando las bases teóricas de la investigación con los datos técnicos de materiales y teorías de autores que brindaron su apoyo en temas de resistencia e ingeniería y alineándolos a requisitos de normas internacionales aplicada a montaje de grúa sobre camión como la UNE-EN 12999 se analiza los resultados obtenidos en el desarrollo del presente diseño



Analizando las tensiones expuestas de este diseño, se concluye que el bastidor está expuesto a fuerzas de tensión y compresión, siendo la compresión la que actúa con mayor fuerza sobre la estructura con un valor de  $\sigma_2 = 256.6$  MPa, este valor al compararlo con la tensión admisible del material  $\sigma = 400$  MPa da un valor de 1.8 que sería el factor de seguridad del diseño, cumpliendo el requisito de diseño de la norma UNE-EN 12999.

Los pernos utilizados en el diseño del proyecto poseen una resistencia al corte de 384 N/mm<sup>2</sup>, siendo la cantidad utilizada 25 pernos por lado de la estructura (total = 50 und), superan la magnitud de fuerza en compresión expuesta por la estructura a 256.6 N/mm<sup>2</sup>, de esta manera garantiza la resistencia de los pernos frente a los esfuerzos cortantes.

La soldadura utilizada en el diseño es de tipo GMAW garantizando un buen acabado del cordón de soldadura. Debido al diseño de bastidor presentado y a la ubicación de las fuerzas aplicadas sobre él, la soldadura no está expuesta a grandes esfuerzos que pongan en riesgo su resistencia. El material de aporte es de 1 mm bañado en cobre para evitar el óxido.

El factor de seguridad para el diseño se obtuvo por la relación de la tensión admisible del material utilizado (acero A36) y la tensión sometida del diseño en tracción. El Factor de seguridad resultó un valor de 1.8

### **5.3 Análisis de la asociación de variables y resumen de las apreciaciones relevantes que produce.**

Al desarrollar el diseño y cumplir con los requisitos exigidos por la norma UNE-EN 12999 y exigencias de la ingeniería se puede garantizar la resistencia del diseño frente a los distintos esfuerzos que sea sometido sobre el camión.

Por ello, como consecuencia de la elaboración del diseño óptimo y con los planos correspondientes se logra reducir los gastos operativos eliminando el tiempo perdido en realizar reforzamientos de última hora en la estructura, reduciendo los gastos por mano de

obra y material usado por correctivos no considerados en los diseños anteriores que además ponían en riesgo la estructura conjunta, el prestigio de la empresa y el nombre de la marca PALFINGER.

## **BENEFICIOS DEL PROYECTO**

A continuación, se detalla los beneficios que se obtendrá con la implementación y la aplicación del diseño establecido como refuerzo de chasis de camión.

- Disminución de gastos operativos del proceso de montaje de grúas.
- Consumo óptimo de recursos para el montaje de grúas.
- Cumplimiento en los tiempos de entrega del montaje de grúas.
- Garantía de la resistencia de la estructura utilizada en el montaje de la grúa.
- Garantía del desempeño de la grúa.
- Productos de calidad.
- Eliminar los tiempos perdidos en reprocesos.
- Mayor mercado.
- Mayores oportunidades de venta.
- Mayores beneficios económicos para la empresa.
- Prestigio de la empresa.
- Clientes satisfechos.

## **CONCLUSIONES**

Finalizado el presente trabajo se llega a la conclusión que el diseño de bastidor correctamente elaborado permite disminuir los costos operativos para el montaje de la grúa, se eliminan los reprocesos y mejoramos los tiempos de entrega del producto, además de cumplir con los requisitos exigidos por la norma UNE-EN 12999 sobre el diseño de bastidor, cumpliendo con las dimensiones establecidas de sus partes establecidos en los planos y cumpliendo con los requisitos de resistencia de la ingeniería para los elementos de fijación, se puede dar conformidad al bastidor diseñado para el montaje de la grúa PALFINGER PK 32080, garantizando su resistencia cuando sea sometida a distintos esfuerzos propios de su actividad.

Con el presente proyecto se logra disminuir el tiempo actual en el montaje de la grúa PK 32080, actualmente la demora en el montaje de este modelo es de 9 días con sus respectivas instalaciones y pruebas de control de calidad, ahora con la implementación del proyecto la demora se reduce solo a 8 días mejorando los tiempos de entregas del producto hacia los clientes.

Se concluye también, que el gasto operativo era de S/ 14,060.00 con un total de 9 días para la elaboración de todo el trabajo, con este proyecto el costo se reduce a S/ 13484.00 en solo 8 días. Además, garantiza que el bastidor cumple con los requisitos de resistencia

exigidos por la ingeniería y por la norma UNE-EN 12999 y por el fabricante obteniendo un factor de seguridad de 1 a 1.8.

Los reprocesos generados por la elaboración de un bastidor sin diseño establecido generan costos de horas hombre y costos en materiales, con el proyecto establecido se elaborará el bastidor con las medidas correctas y ya establecidas, eliminando los reprocesos que se veían reflejados en el control de calidad, o hasta en la etapa de su elaboración. Actualmente la corrección de fallas o reprocesos toma un día completo al personal, con la propuesta se eliminará el origen de las observaciones eliminando los reprocesos.

## **RECOMENDACIONES**

- Aplicar el procedimiento de diseño en la elaboración de bastidores para el montaje de otros modelos de grúas para reducir los costos operativos en los procesos de montaje y garantizar su resistencia frente a las cargas expuestas.
- Se recomienda tener alcance a los manuales y normas que corresponden al diseño e inspección de las grúas articuladas a fin de comparar los resultados y garantizar la resistencia del diseño.
- Utilizar un programa CAD para la elaboración de los planos de diseño del bastidor por la facilidad que brinda en el desarrollo de planos isométricos y para mejorar la calidad del diseño

## **BIBLIOGRAFIA**

- [1] A. G. Paucar Gualotuña,(2016) «Diseño y fabricación de un nuevo perfil metálico que se utilizará como bastidor auxiliar para camiones hino hasta 6 toneladas de peso utilizando el metodo de elementos finitos mef » tesis, Quito
- [2] J. Navarro Piza, (2016) «Cálculo y diseño de las reformas de importancia a implementar en vehículos de transporte de mercancías que incorporan grúas auto-carga.»,» tesis, Valencia, España.
- [3] D. B. Bernuy Alejo, (2011) «Incremento de la vida útil de chasis de camión minero de 190 toneladas para tajo abierto » tesis, Lima.
- [4] B. J. Jara Vicuña, (2019) «Diseño de un camión taller para servicio técnico a la cartera de clientes de diteca s.a. » tesis, Guayaquil, Ecuador
- [5] Vasco Vera, D. F. (2011). "Diseño y simulación de un puente grúa de 15 toneladas de capacidad para los talleres de Arcolands Division Oriente". Tesis inédita. Título de Ingeniero Mecánico. Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador
- [6] Johnson, D.A. (2011). Crane operations in construction: regulations, standards, and liability. Chicago: Editorial Smith Amundsen LLC.
- [7] J. Guerra Perez. (2015). "Sistemas de transporte para el ensamblaje de Estructuras de carrocerías en la empresa picosa cía.Ltda." Tesis inédita. Título de Ingeniero civil y mecánico, Ambato, Ecuador.
- [8] El Peruano, «Decreto Supremo que modifica el Reglamento Nacional de Vehículos, el Texto Único Ordenado del Reglamento Nacional de Tránsito -Código de Tránsito y dicta otras disposiciones» DECRETO SUPREMO Nº 019-2018-MTC, Lima, 2018.

[9] El Peruano, «Decreto Supremo que modifica el Reglamento Nacional de Vehículos, el Texto Único Ordenado del Reglamento Nacional de Tránsito -Código de Tránsito y dicta otras disposiciones» DECRETO SUPREMO Nº 019-2018-MTC, Lima, 2018.

[10] «Pesos y medidas» 08 11 2020. [En línea]. Available: <http://www.sutran.gob.pe/pesos-y-medidas/> [Último acceso: 08 11 2020].

[11] «Ingeniería mecánica» 08 11 2020. [En línea]. Available: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn14>. [Último acceso: 08 11 2020].

[12] «Ingeniería mecánica» 08 11 2020. [En línea]. Available: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn31>. [Último acceso: 02 04 2021].

[13] «Ingeniería mecánica» 08 11 2020. [En línea]. Available: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn32>. [Último acceso: 02 04 2021].

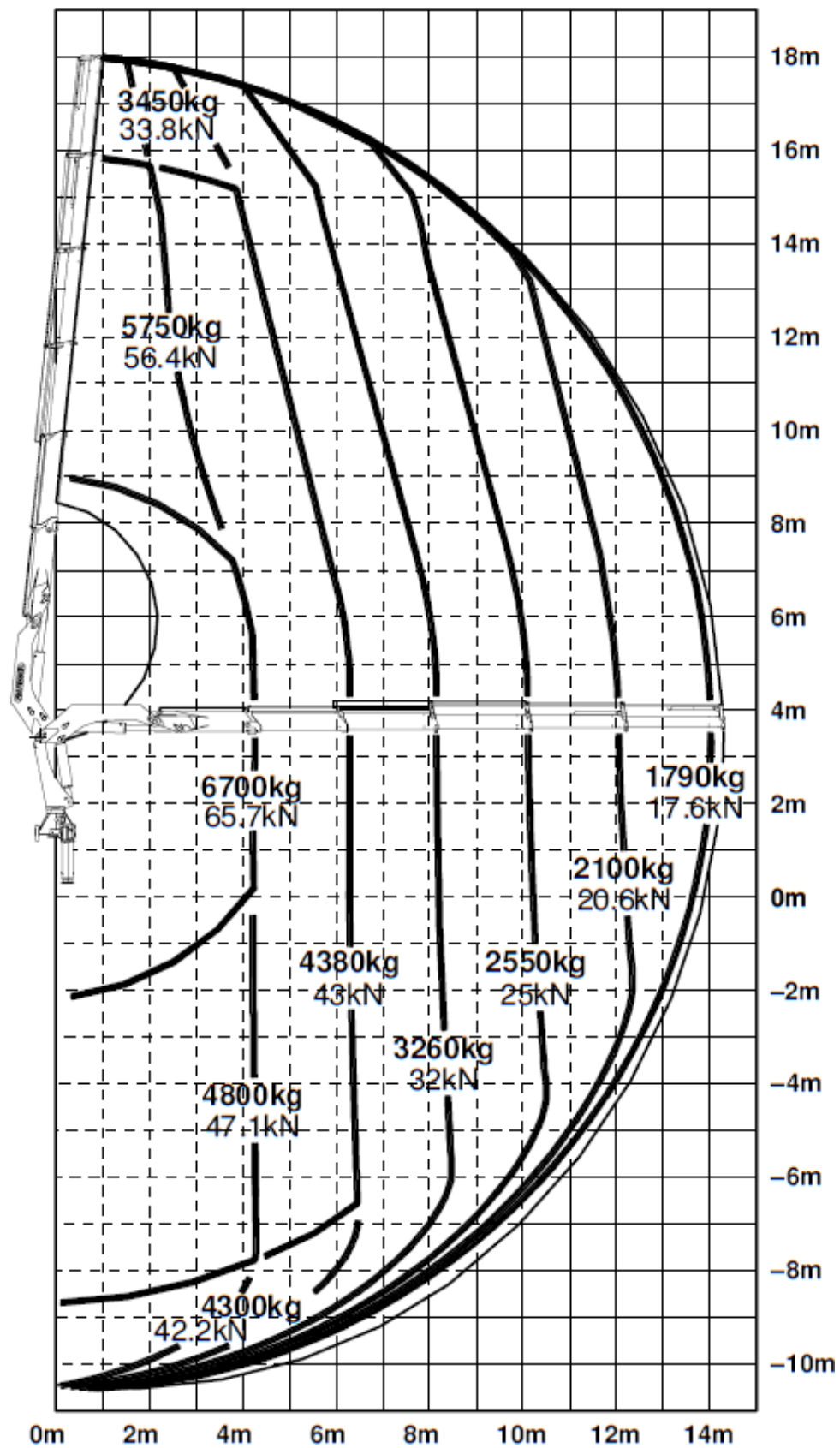
[14] «Normas APA actualizadas 7ma edición» 08 11 2020. [En línea]. Available <https://normas-apa.org/introduccion/citas-vs-referencias-vs-bibliografia/>. [Último acceso: 10 04 2021].

## **ANEXO I**

### **TABLA DE CARGA DE GRUA PALFINGER PK 32080**



- Tabla de carga de grúa Palfinger modelo PK 32080



## **ANEXO II**

### **Requisitos de la norma UNE-EN 12999**

# norma española

UNE-EN 12999:2011+A1

Septiembre 2012

## TÍTULO

Grúas

Grúas cargadoras

*Cranes. Loader cranes.*

*Appareils de levage à charge suspendue. Grues de chargement.*

## CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 12999:2011 +A1:2012.

## OBSERVACIONES

Esta norma anula y sustituye a las Normas UNE-EN 12999:2011 y UNE-EN 12999:2011 Erratum:2012.

## ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 58 *Maquinaria de elevación y transporte* cuya Secretaría desempeña FEM-AEM.

Editada e impresa por AENOR  
Depósito legal: M 31383/2012

© AENOR 2012  
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

**AENOR**

Asociación Española de  
Normalización y Certificación

Ginebra, 6  
28004 MADRID-España

info@aenor.es  
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201  
Fax: 913 104 092

86 Páginas

USO EXCLUSIVO: CONSEJO GRAL. COL. OF. ING. TECN. INDUST., SUS COLEGIOS, DELEGACIONES, DEMARCACIONES

- Métodos para verificar la conformidad de los requisitos de la norma

Tabla 4 – Métodos a utilizar para verificar la conformidad con los requisitos y/o medidas de seguridad

Número de apartado	Método de verificación
5.1, 5.2 y 5.3	Cálculos, ensayos según apartados 6.2.1 a 6.2.4 y análisis de los resultados.
5.4.1	Inspección y ensayo para confirmar que los dispositivos están funcionando correctamente.
5.4.2	Inspección y ensayo para confirmar que los dispositivos están funcionando correctamente.
5.4.3.1, 5.4.3.2	Inspección y ensayo para confirmar que los dispositivos están funcionando correctamente. Verificación de la eficacia de los dispositivos de enclavamiento de los estabilizadores activándolos al menos tres veces con una inclinación desfavorable de 5°. Los dos tipos de dispositivo de enclavamiento (levas de bloqueo y pestillos automáticos) deben funcionar correctamente en cada ocasión, con independencia de la velocidad de funcionamiento. Se somete a ensayo el dispositivo de enclavamiento de las extensiones de los estabilizadores con fuerzas resultantes de una aceleración de 2 g, aplicadas en la dirección del movimiento. Este ensayo debe efectuarse como ensayo de tipo por parte del fabricante de la grúa. Verificación del indicador luminoso funciona correctamente.
5.4.3.1, 5.4.3.3	Verificación de la especificación del circuito hidráulico y asegurarse de que las válvulas antirretorno están montadas correctamente. La presión necesaria para abrir una válvula antirretorno debe corresponderse al menos con la fuerza de 2 g que actúa sobre la masa del estabilizador. Se somete a ensayo el dispositivo de enclavamiento de las extensiones de los estabilizadores con fuerzas resultantes del cilindro de extensión o de una aceleración de 2 g, la que sea mayor, aplicadas en la dirección del movimiento. Este ensayo debe efectuarse como ensayo de tipo por parte del fabricante de la grúa.
5.5.1	Comprobación de la especificación de los componentes y ensayo para confirmar que los dispositivos están funcionando correctamente. Comprobación del diagrama hidráulico conforme con la Norma EN ISO 4413.
5.5.2	Comprobación de la especificación de los componentes y ensayo para confirmar que los dispositivos están funcionando correctamente.
5.5.3	Comprobación de la especificación de los componentes y ensayo para confirmar que los dispositivos están funcionando correctamente.
5.5.4	Revisión del diagrama del circuito hidráulico para confirmar la presencia de los dispositivos según la norma. Comprobación del reglaje de las válvulas de descarga de presión.
5.5.5	Presión de estallido: Examen de las especificaciones del suministrador. Inspección del desgaste, enganches y resguardos.
5.5.6.1	Ensayo, simulando rotura de la canalización e inspección del montaje.
5.5.6.2	Inspección, para confirmar que los dispositivos están instalados en las grúas donde se requieren. Ensayo de la velocidad de descenso.
5.5.7	Ensayo de acuerdo con el apartado 5.5.7. Ensayo realizado con la combinación más desfavorable de fluido y de temperatura del fluido de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes.
5.5.8	Cálculo, ensayo y análisis de los resultados.
5.6.1.1	Estudio de la especificación de la grúa para asegurar que se han instalado los dispositivos apropiados conforme a la Norma EN 12077-2.
5.6.1.2	Ensayo de estabilidad conforme al apartado 6.2.5 para determinar si se requieren limitadores del giro. Si están instalados, ensayo funcional para asegurar su correcto funcionamiento.
5.6.1.3	Comprobación de las especificaciones de instalación de la grúa respecto de los requisitos de avisos de altura 5.6.1.3 – Si están instalados, ensayo funcional para asegurar su correcto funcionamiento.
5.6.1.4	Inspección y ensayo para confirmar que los dispositivos están funcionando correctamente.
5.6.1.5	Para las extensiones de estabilizadores manuales, ensayos funcionales del indicador que el enclavamiento de la posición de transporte está desbloqueado.

- Método de cálculo para bastidor

#### M.4 Método de cálculo para la determinación de las dimensiones del falso-chasis

##### M.4.1 Consideraciones generales

El tipo de construcción del falso-chasis a utilizar depende de la aportación en términos de resistencia y rigidez.

- a) El montaje flexible permite un movimiento horizontal limitado entre el chasis y el falso-chasis, y puede considerarse como dos vigas separadas trabajando juntas en paralelo. Las secciones del chasis y del falso-chasis estarán cada una sometidas a una parte del momento flector total en proporción a sus respectivos momentos secundarios de zona.
- b) El montaje rígido no permite ningún movimiento entre el chasis y el falso-chasis y puede considerarse como una simple viga compuesta. Es esencial que el espacio y el tamaño de las placas laterales sean adecuados y sean lo suficientemente resistentes como para soportar las sollicitaciones de cizallamiento resultantes.
- c) Grúas montadas detrás de la cabina del camión: A fin de mantener, en tanto sea posible, las características originales de flexión y de torsión del chasis del vehículo, el montaje del falso-chasis al chasis será normalmente del tipo flexible. Algunos fabricantes de camiones requieren un montaje flexible a lo largo de toda la longitud del falso chasis. La mayoría de los fabricantes de camiones recomiendan que la porción grúa del falso-chasis se fije de manera rígida al chasis y que el resto del falso-chasis se monte de manera flexible.
- d) Instalación trasera: como la masa de la grúa está concentrada sobre la parte posterior, en voladizo, del chasis, es necesario suministrar una rigidez de torsión para asegurar que las características de conducción son buenas durante el desplazamiento y aumentar la estabilidad de la grúa durante su funcionamiento. Para conseguir esto el falso-chasis necesita estar montado de manera rígida al chasis. Además de esto, la mayor parte de los fabricantes de vehículos recomiendan el montaje de un arriostrado diagonal en el falso-chasis, extendiéndose de la posición de la grúa cargadora al centro del eje (de los ejes) de accionamiento. Numerosos fabricantes de vehículos también recomiendan que las placas laterales mas cercanas a la cabina del camión sean del tipo flexible. Esto crea una reducción más gradual en el valor del momento secundario de zona combinado del chasis y del falso-chasis.

##### M.4.2 Sollicitaciones

El máximo momento dinámico de la grúa se supone actúa a lo largo del plano longitudinal del eje vertical de giro de la grúa. Este coincidirá o será paralelo con el eje longitudinal del chasis del vehículo.

Si el eje de giro de la grúa está desviado respecto del eje longitudinal del vehículo, o si la base de la grúa no suministra una distribución uniforme del momento de la carga a lo largo de los dos miembros longitudinales del falso-chasis, el momento de la carga debería distribuirse introduciendo el factor  $\beta \geq 0,5$  que proviene de la excentricidad de la grúa y de las propiedades y las restricciones de la base. El factor  $\beta$  ha de facilitarlo el fabricante de la grúa.

Las dimensiones del falso-chasis deberían hacerse teniendo en cuenta el valor máximo del momento de la carga actuando sobre un lado. El momento de la carga varía linealmente del valor máximo al punto de fijación de la grúa, a un valor cero sobre los ejes delantero o trasero del vehículo, o sobre los estabilizadores adicionales.

##### M.4.3 Materiales y tensiones admisibles

Véase el apartado 5.3.

##### M.4.4 Símbolos y fórmulas

###### M.4.4.1 Generalidades

Las secciones del chasis y falso-chasis deben resistir el momento total de la carga. Las dimensiones relativas al chasis se designarán "r" y las dimensiones relativas al falso-chasis se designarán "c".

- Factor de seguridad en montaje

Simbolos:

$M_{dyn}$  es el momento dinámico máximo;

$\beta$  es el factor de distribución ;

$M_c$  es el momento supuesto para los cálculos  $M_c = \beta \times M_{dyn}$ ;

$M$  es el momento de la carga actuando sobre el chasis o el falso-chasis;

$I$  es el momento de inercia del chasis o del falso chasis;

$W$  es el módulo resistente de la sección del chasis o del falso chasis;

$\sigma$  es la fatiga de flexión;

$\sigma_a$  es la fatiga admisible del material.

#### M.4.4.2 Montaje flexible (chasis y falso-chasis)

$$M_c = M_c + M_t \quad \text{y} \quad \frac{M_c}{M_t} = \frac{I_c}{I_t} \Rightarrow M_c = M_c \left( \frac{I_c}{I_c + I_t} \right) \quad \text{y} \quad M_t = M_c \left( \frac{I_t}{I_c + I_t} \right)$$

$$\frac{M_c}{W_c} < \sigma_a$$

$$\frac{M_t}{W_t} < \sigma_a$$

#### M.4.4.3 Montaje rígido

$$\sigma_1 = \frac{M_c}{W_1} < \sigma_a$$

$$\sigma_2 = \frac{M_c}{W_2} < \sigma_a$$

donde

$W_1$  es la resistencia a la flexión con respecto a la distancia desde el eje centra al extremo del chasis;

$W_2$  es la resistencia a la flexión con respecto a la distancia desde el eje centra al extremo del falso chasis.

## **ANEXO III**

### **Fuerzas y momentos en grúas Palfinger**

- Cálculos para montaje Palfinger.

## 8.2 Cálculo de la fuerza máxima en el apoyo adicional.

El cálculo que se describe es para una grúa de montaje delantero. Se puede utilizar de manera análoga para una grúa de montaje trasero.

### 8.2.1 Determinación del momento de elevación dinámico máximo de la grúa ( $M_d$ ).

Puede descargarse una tabla del momento de elevación dinámico de todos los modelos en PALFINGER Extranet / Patis-Online.

Ejemplo de una de estas tablas:

PALFINGER CRANE			DTDAMDYNA/05	
Model	Model	Type	Chapter	Chapter
	MDYN		0100	Page
MOMENT DYNAMIC			06/2006	Page
			Edition	

		Einteilung: H1/B3 nach EN12992 Classification: H1/B3 in EN12992 Classement: H1/B3 en mesue EN12992
$M_d$	(kNm) (ft.lbs)	Kranmoment (dynamisch) Crane moment (dynamic) Moment grue (dynamique)
$M_t$	(kNm) (ft.lbs)	Torsionsmoment (dynamisch) Torsional moment (dynamic) Moment de torsion (dynamique)
$F_v$	(kN) (lbs)	Vertikalkraft Vertical force Effort normal
$M_s$	(kNm) (ft.lbs)	Kranmoment (statisch) Crane moment (static) Moment grue (statique)
$m_l$	(kg) (lbs)	Traglast Load capacity Force portante
$m_c$	(kg) (lbs)	Krangewicht Crane weight Régulateur
$l$	(m) (ft)	Reichweite Reach Portée
$SZ(A)$	(m) (ft)	Gewichte und Schwerpunkte Weights and centers of gravity Poids et centres de gravité
$\Phi$	(°)	

$$F_v = \frac{m_c + m_l}{1000} \times 9,81 \times \Phi$$
  

$$M_s = (m_l \times l) + (m_c \times SZ(A))$$
  

1 kN	→	224.8 lbs
1 kNm	→	737.6 ft.lbs
1 kg	→	2.2 lbs
1 m	→	3.3 ft

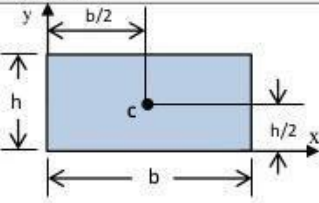
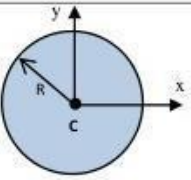
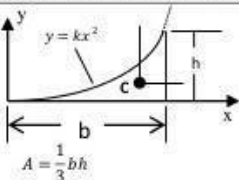
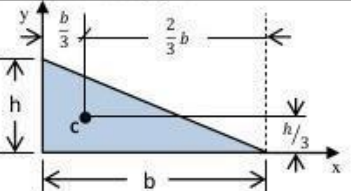
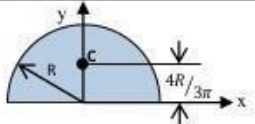
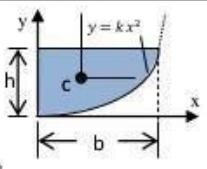
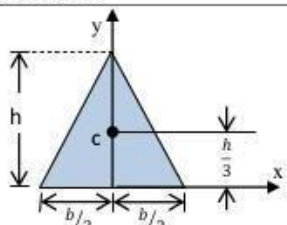
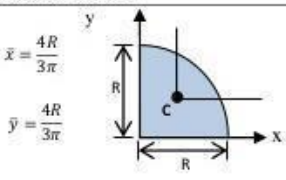
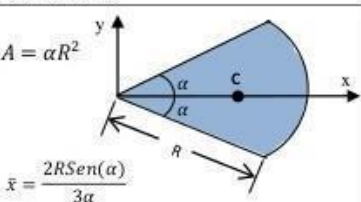
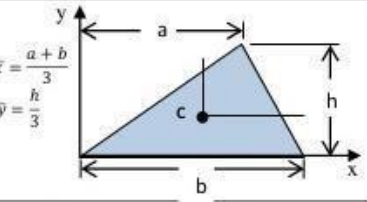
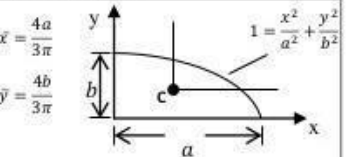
  

Model	Crane moment (dynamic)	$M_d =$ Kranmoment (dynamisch) Moment grue (dynamique)	$M_t =$ Torsionsmoment (dynamisch) Torsional moment (dynamic) Moment de torsion (dynamique)
PK 4501		58.5 kNm (43150 ft.lbs)	6.6 kNm (4870 ft.lbs)
PK 6001		76.4 kNm (56360 ft.lbs)	8.7 kNm (6420 ft.lbs)
PK 6500		77.0 kNm (56800 ft.lbs)	8.7 kNm (6420 ft.lbs)
PKG 7001		80.1 kNm (59060 ft.lbs)	8.7 kNm (6420 ft.lbs)
PK 7501		102.5 kNm (75600 ft.lbs)	11.3 kNm (8330 ft.lbs)
PK 8500		100.5 kNm (74130 ft.lbs)	11.3 kNm (8330 ft.lbs)
PK 8501 HPLS		102.5 kNm (75600 ft.lbs)	11.3 kNm (8330 ft.lbs)
PKK 8500		97.5 kNm (71920 ft.lbs)	11.3 kNm (8330 ft.lbs)
PK 9501		129.6 kNm (95960 ft.lbs)	14.8 kNm (10820 ft.lbs)
PK 10000		130.5 kNm (96260 ft.lbs)	14.8 kNm (10820 ft.lbs)
PK 10501 HPLS		129.6 kNm (95960 ft.lbs)	14.8 kNm (10820 ft.lbs)
PK 11502		158.8 kNm (117130 ft.lbs)	19.8 kNm (14600 ft.lbs)



## **ANEXO IV**

### **Momento de inercia de áreas**

<b>Rectángulo</b>  $\bar{I}_x = \frac{bh^3}{12} \quad \bar{I}_y = \frac{b^3h}{12} \quad \bar{I}_{xy} = 0$ $I_x = \frac{bh^3}{3} \quad I_y = \frac{b^3h}{3} \quad I_{xy} = \frac{b^2h^2}{4}$	<b>Círculo</b>  $I_x = I_y = \frac{\pi R^4}{4} \quad I_{xy} = 0$	<b>Media Parabólica complementaria</b>  $\bar{x} = \frac{3b}{4} \quad \bar{y} = \frac{3h}{10}$ $A = \frac{1}{3}bh$ $\bar{I}_x = \frac{37bh^3}{2100} \quad I_x = \frac{bh^3}{21}$ $\bar{I}_y = \frac{b^3h}{80} \quad I_y = \frac{b^3h}{5}$ $\bar{I}_{xy} = \frac{b^2h^2}{120} \quad I_{xy} = \frac{b^2h^2}{12}$
<b>Triángulo Rectángulo</b>  $\bar{I}_x = \frac{bh^3}{36} \quad \bar{I}_y = \frac{b^3h}{36} \quad \bar{I}_{xy} = -\frac{b^2h^2}{72}$ $I_x = \frac{bh^3}{12} \quad I_y = \frac{b^3h}{12} \quad I_{xy} = \frac{b^2h^2}{24}$	<b>Semicírculo</b>  $\bar{I}_x = 0,1098R^4 \quad \bar{I}_{xy} = 0$ $I_x = I_y = \bar{I}_y = \frac{\pi R^4}{8} \quad I_{xy} = 0$	<b>Media Parábola</b>  $\bar{x} = \frac{3b}{8} \quad \bar{y} = \frac{3h}{5}$ $A = \frac{2}{3}bh$ $\bar{I}_x = \frac{8bh^3}{175} \quad \bar{I}_y = \frac{19b^3h}{480} \quad \bar{I}_{xy} = \frac{b^2h^2}{60}$ $I_x = \frac{2bh^3}{7} \quad I_y = \frac{2b^3h}{15} \quad I_{xy} = \frac{b^2h^2}{6}$
<b>Triángulo Isósceles</b>  $\bar{I}_x = \frac{bh^3}{36} \quad \bar{I}_y = \frac{b^3h}{48} \quad \bar{I}_{xy} = 0$ $I_x = \frac{bh^3}{12} \quad I_{xy} = 0$	<b>Cuarto de círculo</b>  $\bar{x} = \frac{4R}{3\pi} \quad \bar{y} = \frac{4R}{3\pi}$ $\bar{I}_x = \bar{I}_y = 0,05488R^4 \quad I_x = I_y = \frac{\pi R^4}{16}$ $\bar{I}_{xy} = -0,01647R^4 \quad I_{xy} = \frac{R^4}{8}$	<b>Sector Circular</b>  $A = \alpha R^2$ $\bar{x} = \frac{2R \text{Sen}(\alpha)}{3\alpha}$ $I_x = I_y = \frac{R^4}{8} (2\alpha - \text{sen}2\alpha)$ $I_y = \frac{R^4}{8} (2\alpha + \text{sen}2\alpha) \quad I_{xy} = 0$
<b>Triángulo</b>  $\bar{x} = \frac{a+b}{3} \quad \bar{y} = \frac{h}{3}$ $\bar{I}_x = \frac{bh^3}{36} \quad I_x = \frac{bh^3}{12}$ $\bar{I}_y = \frac{bh}{36} (a^2 - ab + b^2) \quad I_y = \frac{bh}{12} (a^2 + ab + b^2)$ $\bar{I}_{xy} = \frac{bh^2}{72} (2a - b) \quad I_{xy} = \frac{bh^2}{24} (2a + b)$	<b>Cuarto de elipse</b>  $\bar{x} = \frac{4a}{3\pi} \quad \bar{y} = \frac{4b}{3\pi}$ $\bar{I}_x = 0,05488ab^3 \quad I_x = \frac{\pi ab^3}{16}$ $\bar{I}_y = 0,05488a^3b \quad I_y = \frac{\pi a^3b}{16}$ $\bar{I}_{xy} = -0,01647a^2b^2 \quad I_{xy} = \frac{a^2b^2}{8}$	

## **ANEXO V**

### **Certificación de equipos**

- Certificado de compresora neumática



## Eximport Distribuidores del Perú S.A.

Casa Matriz: Av. Argentina N° 1710 Cercado de Lima  
 ☎ 336-7512 336-7407 336-7272 336-7553 336-7401  
 Ventas: ☎ 336-7645 336-7701 336-7904 336-6409 425-4513  
 www.edipesa.com.pe Facebook: /edipesaliderenmaquinarias

## CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Por la presente dejamos constancia que el equipo:

Marca: CAMPBELL  
 Equipo / Herramienta: Compresor 15.0HP 120Galones  
 Modelo: 050  
 Numero de Serie: FS94306  
 Propietario: Zapler Sociedad Anonima Cerrada

Se encuentra en funcionamiento: OPERATIVO Y EN BUEN ESTADO, se extiende el siguiente documento para los fines que el cliente vea conveniente.



Lima, 02 de Setiembre del 2020



Victor Espinoza Lopez

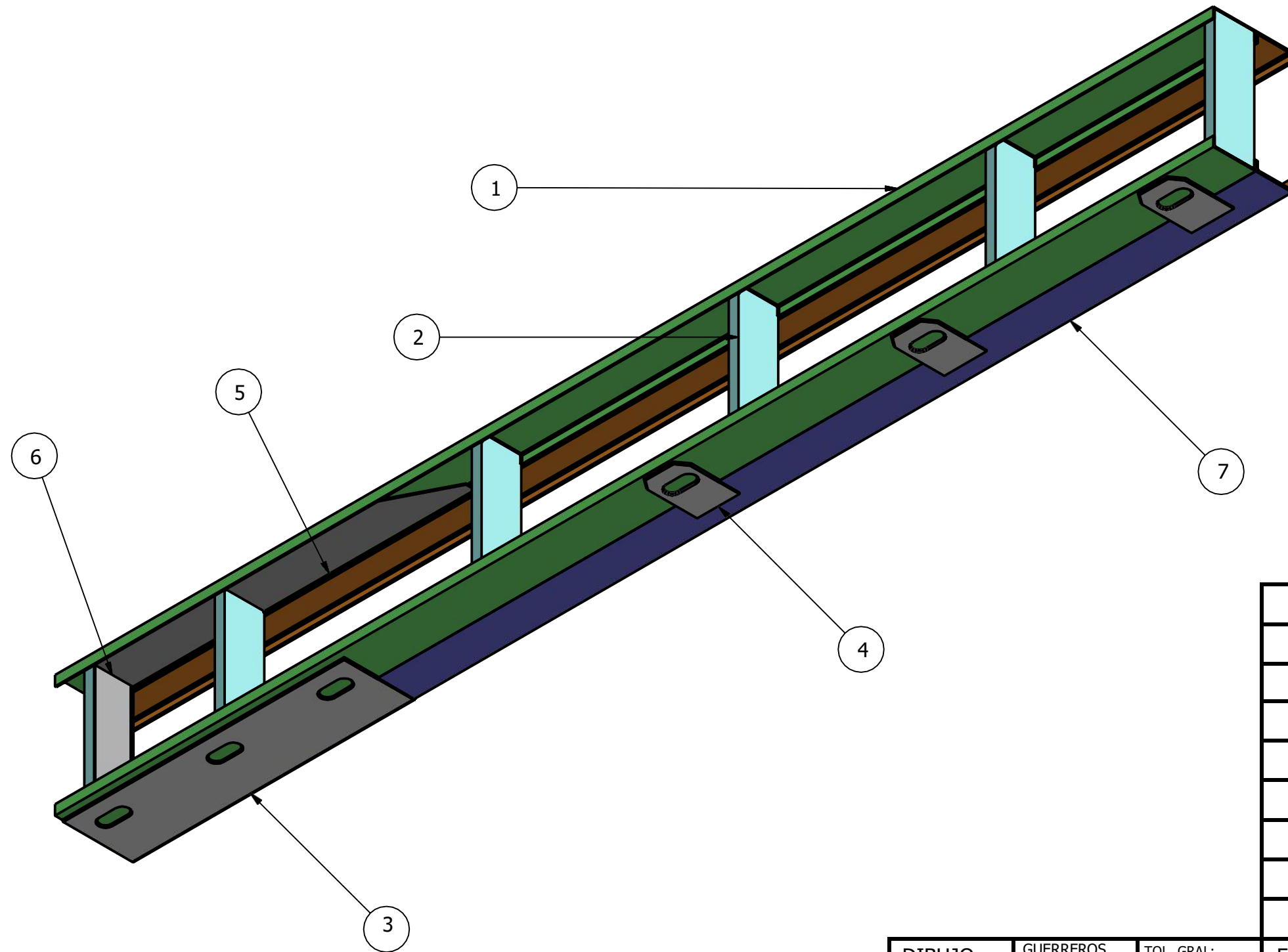
LIMA		PROVINCIAS	
Av. Argentina N° 1710	☎ 336-7701	Arequipa I : Calle Melgar N° 504 - Cercado	☎ 054-245719 / 054-244451
Av. Colonial N° 817	☎ 330-3930	Arequipa II : Av. Mca. Castilla N° 531 - Miraflores	☎ 054-229302 / 054-204414
Jr. Carabaya N° 1085	☎ 426-1025	Ayacucho : Av. Mca. Cáceres N° 456	☎ 066-326847
Av. México N° 1378	☎ 324-1992	Abancay : Jr. Arequipa N° 1102	☎ 083-507110 / 083-202842
Av. República de Panamá N° 4974	☎ 241-8067	Cajamarca : Av. Evitamiento Sur N° 450 - 452	☎ 076-341020
Av. Caminos del Inca N° 216		Cusco : Av. Huáscar N° 105 A - 26 Wanchaq	☎ 084-242553
Ex Prolongación Huaylas)		Chala : Av. Emancipación Mz 83 Lt 11	☎ 054-551006
		Chilca : AA.HH M. Prado - Caraveli	
		Ica : Calle Camaná N° 370	☎ 056-217279
		Ilo : Urb. Asoc. 7 de Mayo Mz. "G" Lt. 08 Av. Mariano Lino Urquieta	☎ 053-483251
		Jaén : Av. Maestros Muro N° 576 Morro Solar	☎ 076-431867
		Juliana : Jr. Bracesco N° 439	☎ 051-322041
		Nazca : Panamericana Sur Km. 445 (Av. Guardia Civil s/n)	☎ 056-311321
		Pichanaqui : Av. Marginal 712 Chanchamayo - Junin	☎ 064-348049
		Piura : Av. Gullman N° 220	☎ 073-302022
		Pucallpa : Jr. Huáscar N° 776 Mz. 8 Lt. 06 Caltilla Coronel Portillo	☎ 061-572539

- Certificado de máquina de soldar

	
<u>CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD</u>	
MODELO N°:	ORIGO L405 + FEED L304
SERIES N°:	331-723-1464 + 236 -722 -7197
CERTIFICADO N°:	CETES - 2020 - 102
<p>Soldex S.A. certifica por este medio que se ha realizado pruebas de soldadura en GMAW; los componentes eléctrico - electrónicos cumplen con los estándares de seguridad y aislamiento. Los resultados obtenidos en la fuente de poder se encuentra dentro de los valores nominales de carga.</p>	
<p>Tension de prueba(voltios) = 220 / 440 vac de banco Frecuencia = 60 Hz Ciclo de trabajo = 350 amperios 60%</p>	
FECHA DE EMISIÓN:	26/10/2020
REVISADO POR:	JOSE CORREA TAPIA
<p>Centro Técnico de Servicios - CETES.</p>	
	

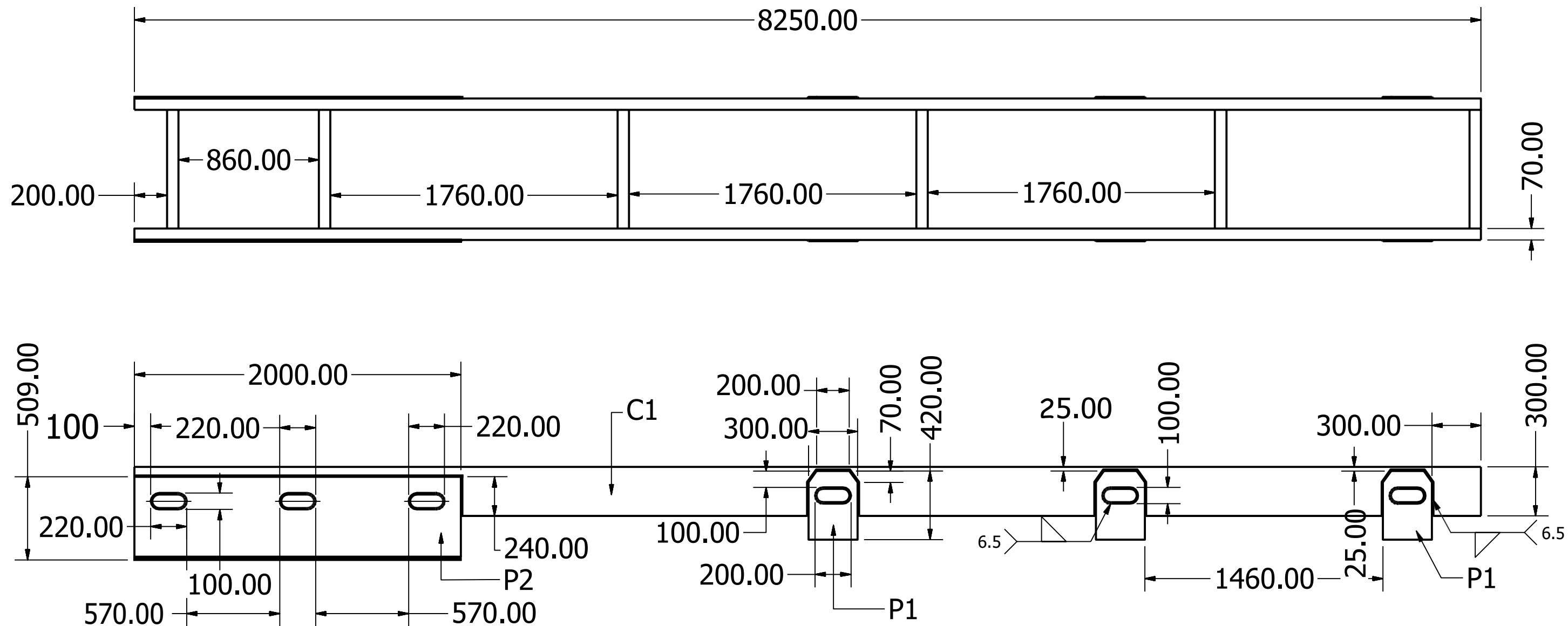
## **ANEXO VI**

### **PLANOS**



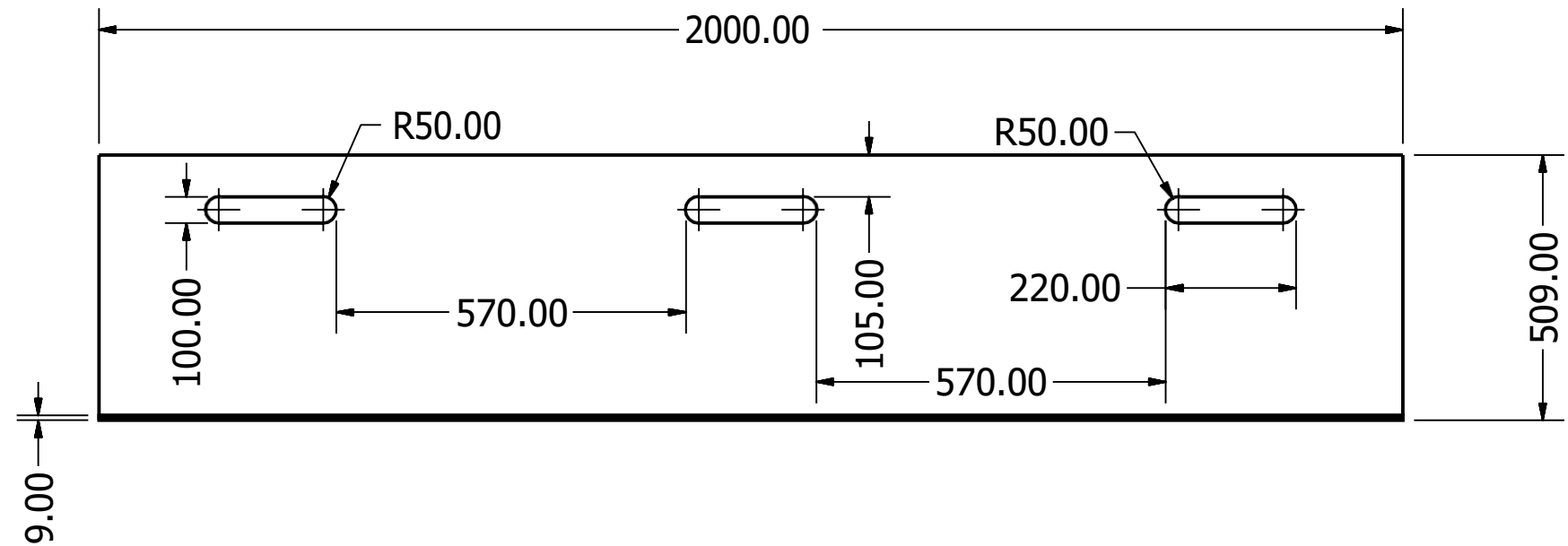
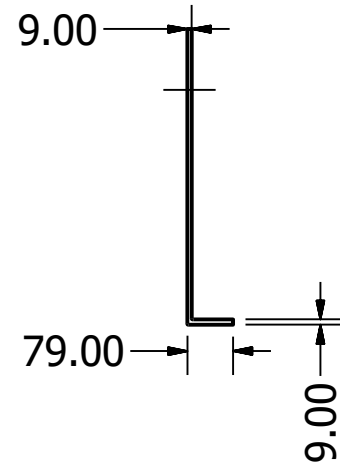
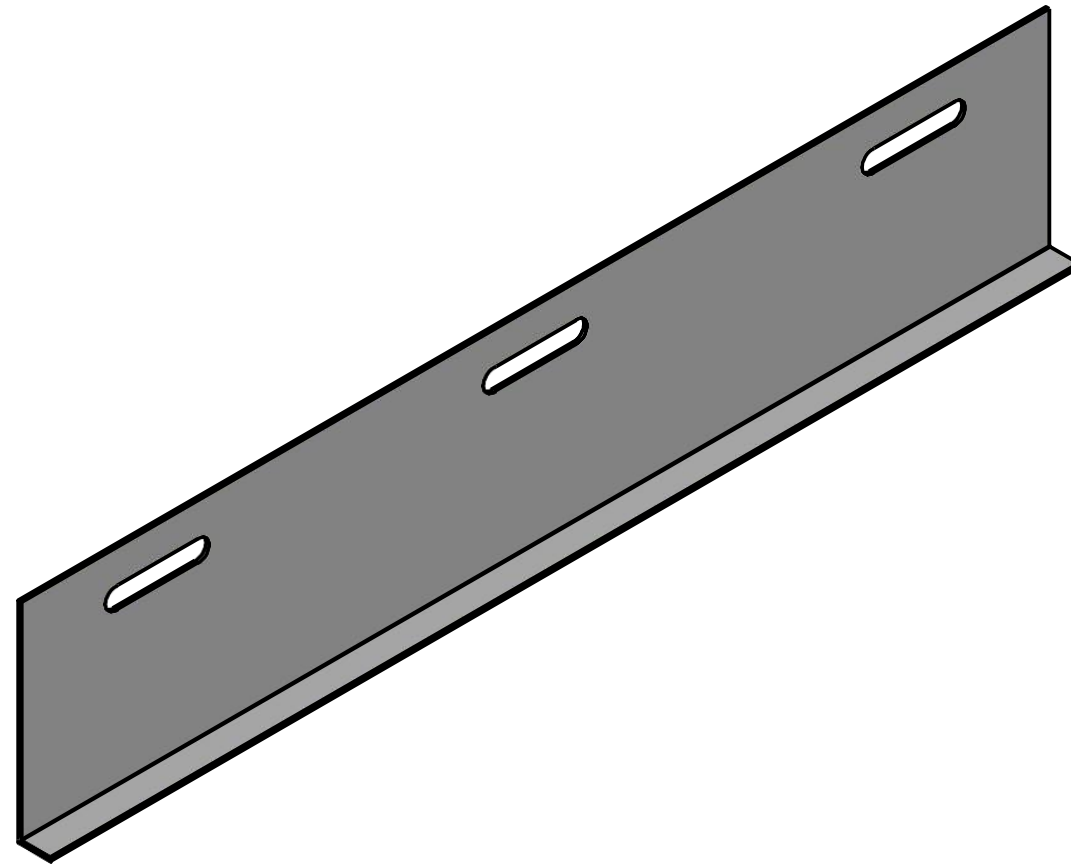
DETALLES			
ITEM	DESCRIPCIÓN		
1	CANALES LONGITUDINALES		
2	TRAVESAÑOS		
3	CHAQUETAS		
4	PLACA DE FIJACION LATERAL		
5	CARTELAS		
6	PLACA TRANSVERSAL INTERNA		
7	CHASIS DE VEHICULO		


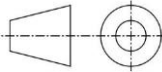
DIBUJO:	GUERREROS SERMENO Mike	TOL. GRAL:	ESCALA:	<b>TITULO:</b>  <h1>BASTIDOR</h1>	
DISEÑO:	GUERREROS SERMENO Mike	ACAB. SUPERFICIAL	1 : 25		
APROBO:		DIMENSIONES mm	FECHA:		
NORMA:	ASTM	MATERIAL	06/04/2021		
 <b>Universidad Tecnológica del Perú</b>			SIMETRIA DE PROYECCION	ASESOR: Ing. WALTER ZAVALA	FORMATO: A3
				PLANO Nº: 01	NOTA:
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	HOJA Nº: 01

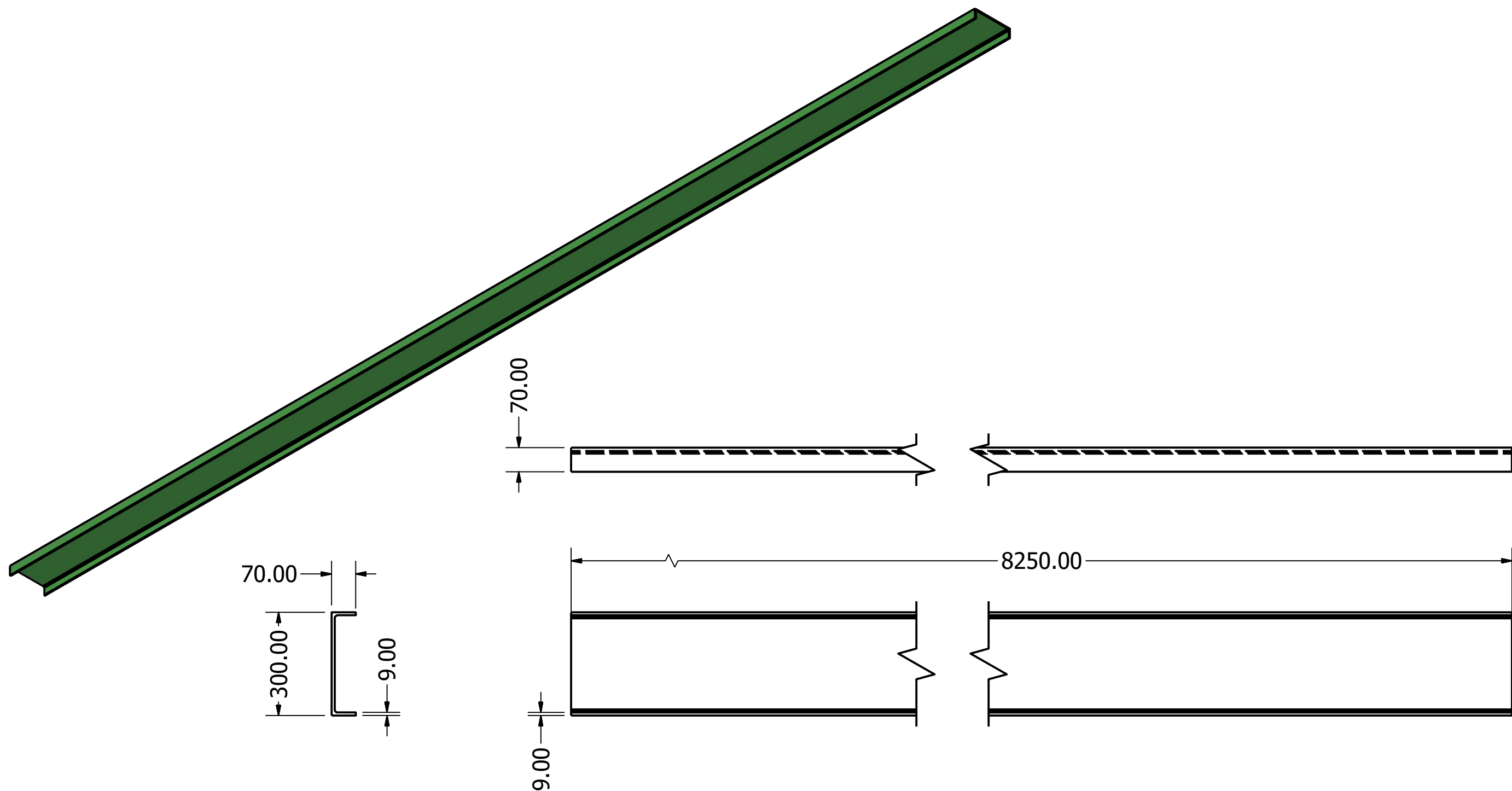


DIBUJO:	GUERREROS SERMEÑO Mike	TOL. GRAL:	ESCALA:	TITULO: <b>ENSAMBLE-BASTIDOR</b>	
DISEÑO:	GUERREROS SERMEÑO Mike	ACAB. SUPERFICIAL DIMENSIONES mm	1 : 25		
APROBO:			FECHA:	ASESOR: Ing. WALTER ZAVALA	
NORMA:	ASTM	MATERIAL A36	06/04/2021	FORMATO: A4	
 <b>Universidad Tecnológica del Perú</b>			SIMETRIA DE PROYECCION	PLANO Nº: 02	NOTA:
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	HOJA Nº: 02

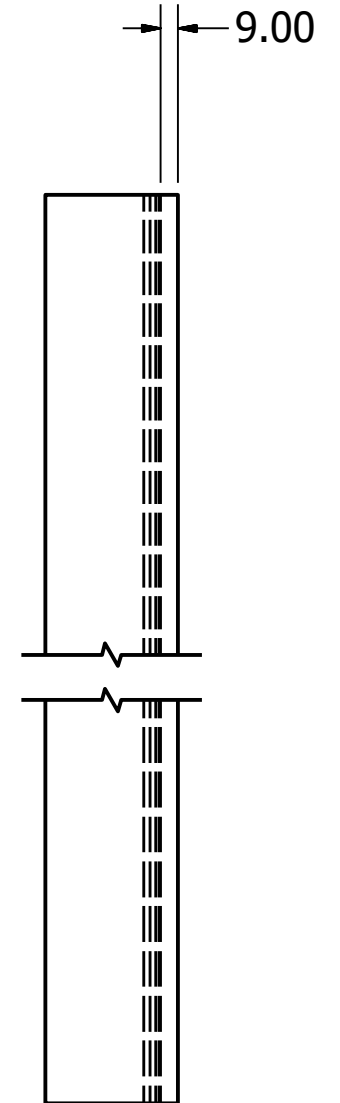
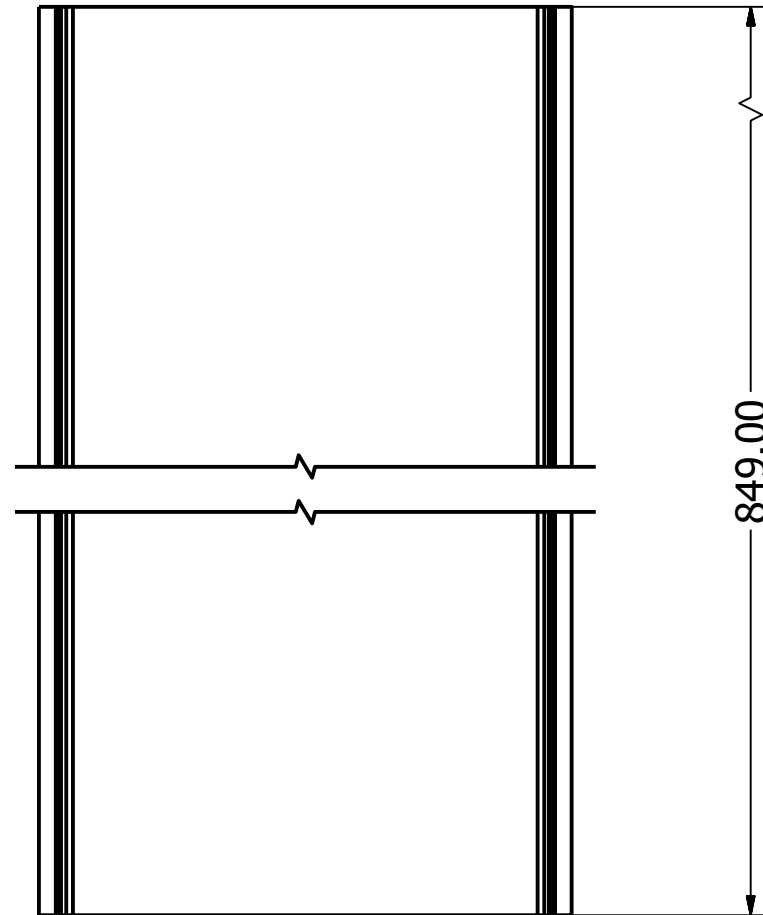
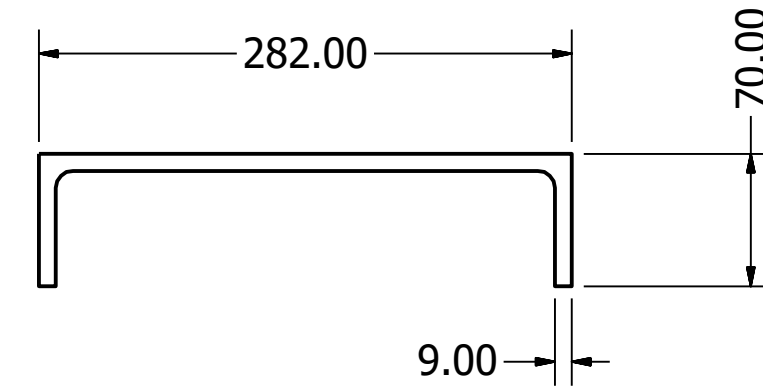
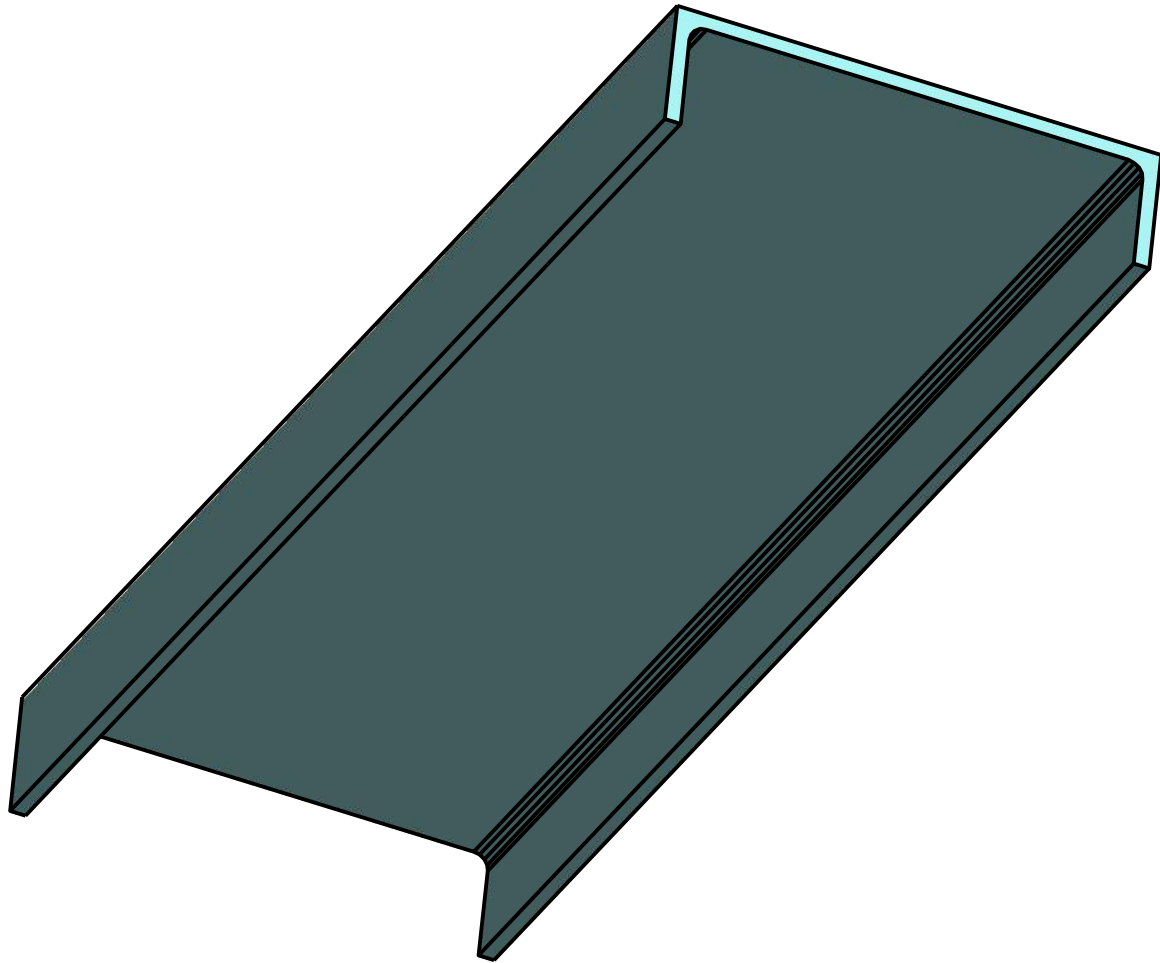





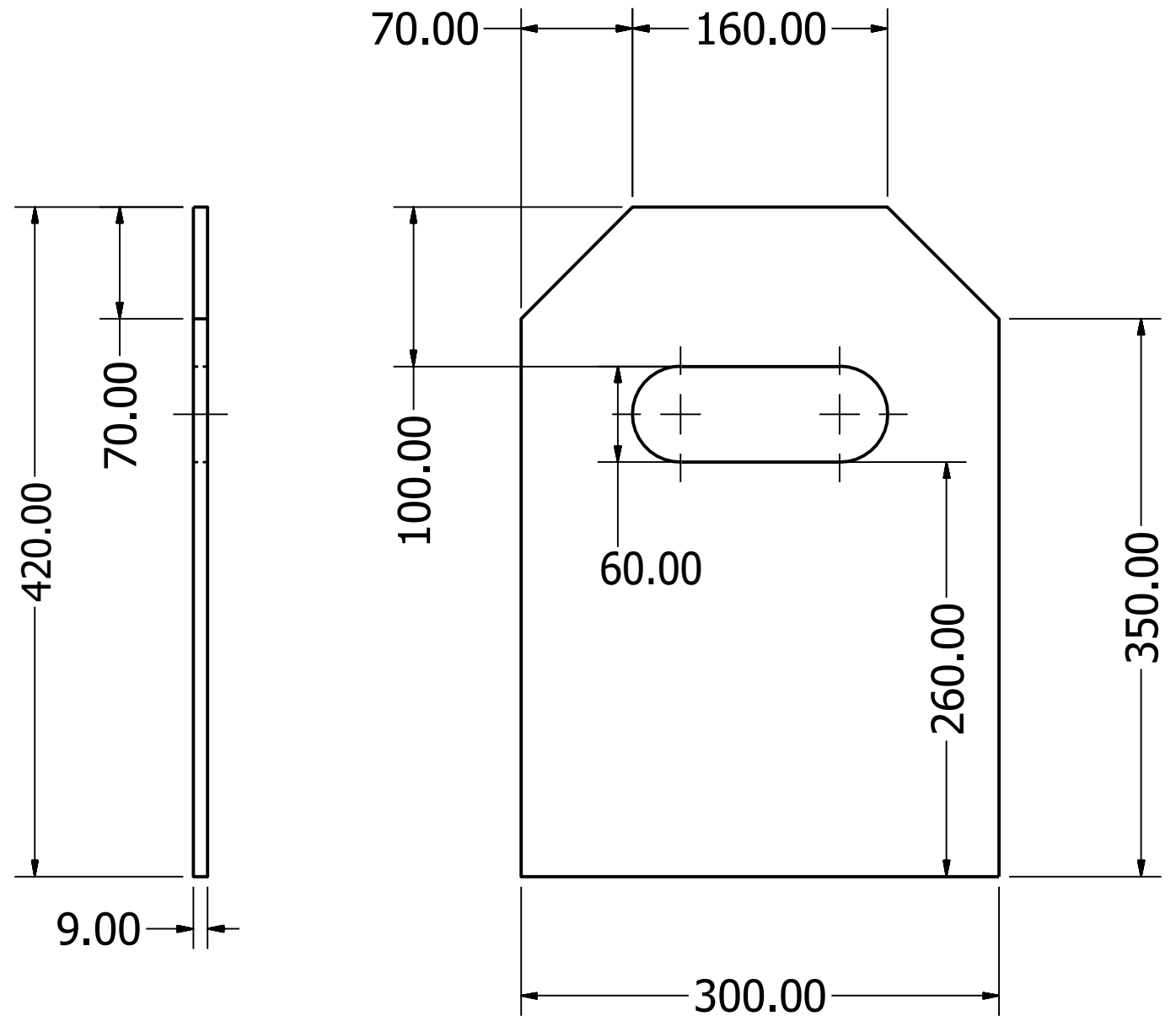
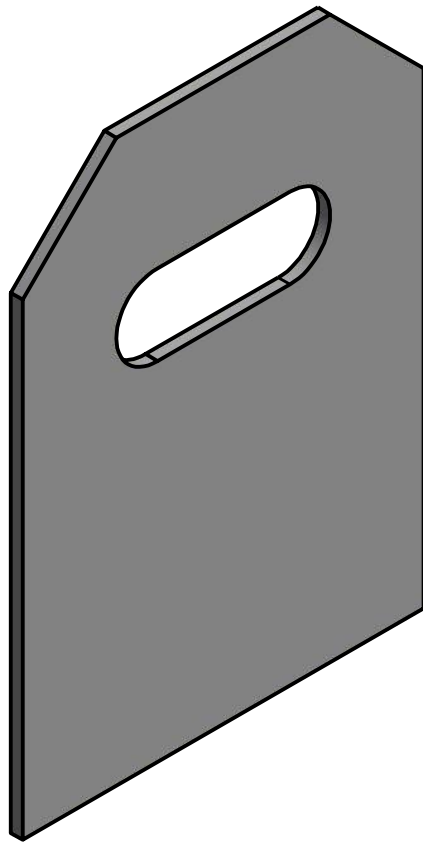
DIBUJO:	GUERREROS SERMEÑO MIKE	TOL. GRAL:	ESCALA:	TITULO: <b>CHAQUETA</b>	
DISEÑO:	GUERREROS SERMEÑO MIKE	ACAB. SUPERFICIAL	1 : 13		
APROBO:		DIMENSIONES mm	FECHA:	ASESOR: Ing. WALTER ZVALETA	
NORMA:	ASTM	MATERIAL A36	06/04/2021	FORMATO: A4	
 <b>Universidad Tecnológica del Perú</b>			SIMETRIA DE PROYECCION	PLANO Nº: 03	NOTA:
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	HOJA Nº: 03



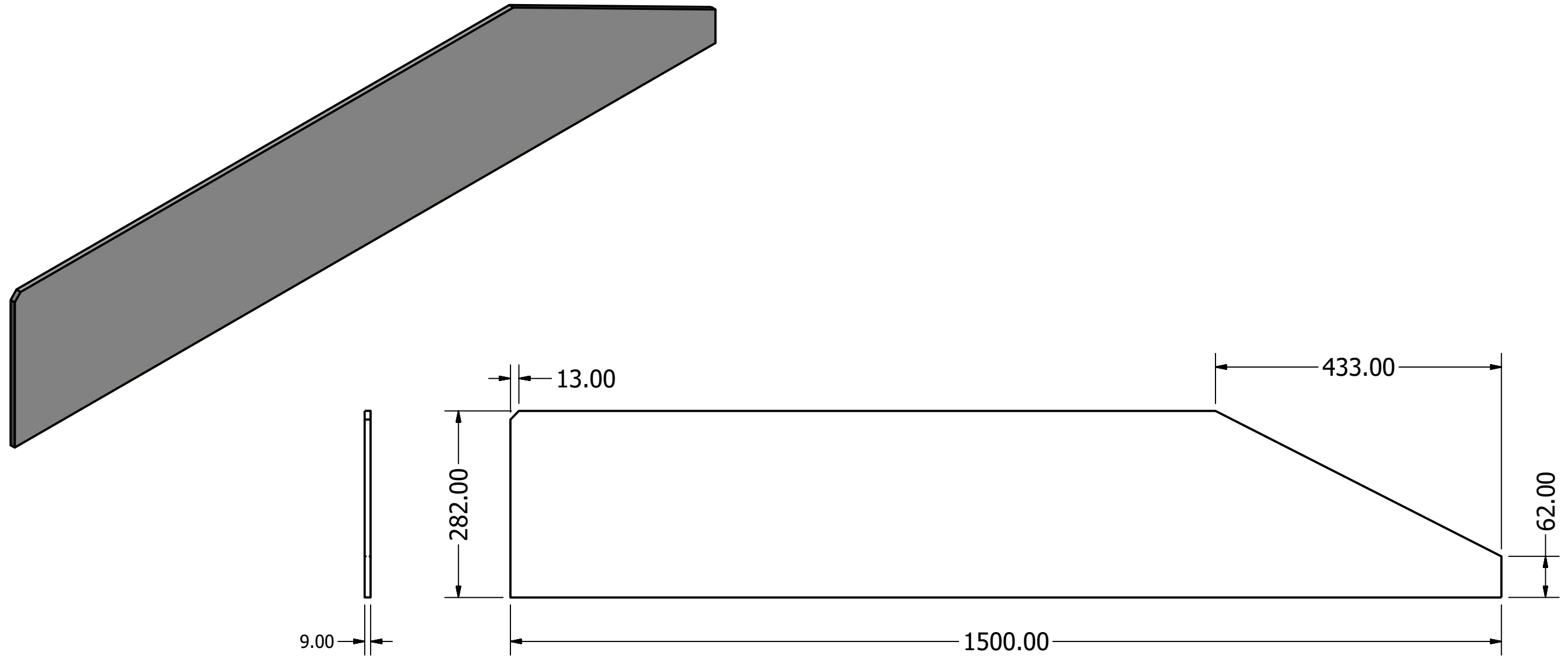
DIBUJO:	GUERREROS SERMEÑO MIKE	TOL. GRAL:	ESCALA:	TITULO: <b>CANAL LONGITUDINAL</b>	
DISEÑO:	GUERREROS SERMEÑO MIKE	ACAB. SUPERFICIAL	1 : 12		
APROBO:		DIMENSIONES mm	FECHA:	ASESOR: Ing. WALTER ZAVALA	
NORMA:	ASTM	MATERIAL A36	06/04/2021	FORMATO: A4	
 <b>Universidad Tecnológica del Perú</b>			SIMETRIA DE PROYECCION 	PLANO Nº: 04	NOTA:
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	HOJA Nº: 04


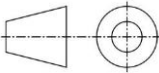


DIBUJO:	GUERREROS SERMEÑO MIKE	TOL. GRAL:	ESCALA:	TITULO:  <b>TRAVESAÑO</b>	
DISEÑO:	GUERREROS SERMEÑO MIKE	ACAB. SUPERFICIAL	1 : 4		
APROBO:		DIMENSIONES mm	FECHA:	ASESOR: Ing. WALTER ZA VALETA	
NORMA:	ASTM	MATERIAL	06/04/2021	FORMATO: <b>A4</b>	
 <b>Universidad Tecnológica del Perú</b>			SIMETRIA DE PROYECCION	PLANO Nº: <b>04</b>	NOTA:
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	HOJA Nº: <b>04</b>



DIBUJO:	GUERREROS SERMEÑO MIKE	TOL. GRAL:	ESCALA:	TITULO:  PLACA DE FIJACIÓN LATERAL	
DISEÑO:	GUERREROS SERMEÑO MIKE	ACAB. SUPERFICIAL	1 : 4		
APROBO:		DIMENSIONES mm	FECHA:	ASESOR: Ing. WALTER ZA VALETA	
NORMA:	ASTM	MATERIAL	06/04/2021	FORMATO: A4	
 Universidad Tecnológica del Perú			SIMETRIA DE PROYECCION	PLANO Nº: 05	NOTA:
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	HOJA Nº: 05



DIBUJO:	GUERREROS SERMEÑO MIKE	TOL. GRAL:	ESCALA:	TITULO: <b>CARTELA</b>	
DISEÑO:	GUERREROS SERMEÑO MIKE	ACAB. SUPERFICIAL	1 : 6.7		
APROBO:		DIMENSIONES mm	FECHA:	ASESOR: Ing. WALTER ZAVALA	
NORMA:	ASTM	MATERIAL A36	06/04/2021	FORMATO: A4	
 <b>Universidad Tecnológica del Perú</b>			SIMETRIA DE PROYECCION 	PLANO Nº: 06	NOTA:
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	HOJA Nº: 06